



TUGAS AKHIR - TF 181801

**OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA  
*TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC  
OPTIMIZATION ALGORITHM***

MIRZA ICHWANUL AZIZ  
NRP. 02311640000036

Dosen Pembimbing:  
Ir. Matradji, M.Kom.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020





TUGAS AKHIR - TF 181801

**OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA  
*TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC  
OPTIMIZATION ALGORITHM***

MIRZA ICHWANUL AZIZ  
NRP. 02311640000036

Dosen Pembimbing:  
Ir. Matradji, M.Kom.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





**FINAL PROJECT - TF 181801**

**OPTIMIZATION OF ENHANCED GAS RECOVERY OPERATION  
IN TIGHT GAS RESERVOIR USING STOCHASTIC  
OPTIMIZATION ALGORITHM**

MIRZA ICHWANUL AZIZ  
NRP. 02311640000036

Supervisors:  
Ir. Matradji, M.Kom.

*Department of Engineering Physics  
Faculty of Industrial Technology and System Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Mirza Ichwanul Aziz  
NRP : 02311640000036  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**OPTIMISASI OPERASI ENHANCED GAS RECOVERY PADA TIGHT GAS RESERVOIR MENGGUNAKAN STOCHASTIC OPTIMIZATION ALGORITHM**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 1 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Mirza Ichwanul Aziz

NRP. 02311640000036

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**

**OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA  
*TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC*  
*OPTIMIZATION ALGORITHM***

Surabaya, 1 Agustus 2020

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Ir. Matradji, M.Kom.

NIP. 19560720 198503 1 003

Mengetahui,  
Kepala Departemen  
Teknik Fisika FT-IRS ITS



NIP. 19711113 199512 1 002

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA**  
***TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC***  
***OPTIMIZATION ALGORITHM***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Progam Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MIRZA ICHWANUL AZIZ**

**NRP. 02311640000036**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Matradji, M.Kom.

(Pembimbing I)

2. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.

(Ketua Penguji)

3. Lizda Johar Mawarni, S.T., M.T.

(Penguji I)

4. Hendra Cordova, S.T., M.T.

(Penguji II)

5. Iwan Conny Setiadi, S.T., M.T.

(Penguji III)

**SURABAYA**

**2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# **OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA *TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC OPTIMIZATION ALGORITHM***

**Nama** : Mirza Ichwanul Aziz  
**NRP** : 02311640000036  
**Departemen** : Teknik Fisika FT-IRS ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Matradji, M.Kom.

## **ABSTRAK**

Karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> lazim disebut gas asam arang yang merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan organisme di dunia ini. Peningkatan emisi dari CO<sub>2</sub> telah banyak memberi dampak negatif terhadap iklim dan lingkungan. Sehingga hal ini menarik perhatian dunia terutama dari kalangan peneliti untuk terus melakukan berbagai upaya pencarian solusi untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. EGR merupakan upaya peningkatan produksi gas dari suatu reservoir gas yang telah mengalami penurunan produksi. Konsepnya tidak jauh berbeda dengan *enhanced oil recovery* (EOR) yang dilakukan dengan menginjeksikan suatu energi atau massa melalui sumur injeksi ke dalam reservoir minyak. CO<sub>2</sub> EOR telah terbukti berhasil secara teknis dan ekonomis selama lebih dari 40 tahun. Pada penelitian ini CO<sub>2</sub> EGR dan CS dimodelkan dengan membagi ke dalam tiga bagian yakni *injection well*, reservoir, dan *production well*. Gradien tekanan pada *injection* dan *production well* dimodelkan dengan persamaan Beggs-Brill sedangkan pada reservoir menggunakan persamaan Darcy. Gradien temperatur untuk setiap bagian dimodelkan dengan persamaan perpindahan panas. Validasi model gradien tekanan dan temperatur pada *injection well* terhadap PIPESIM dihasilkan *error* yaitu masing-masing sebesar 0,756% dan 0,04%. Validasi model gradien tekanan dan temperatur pada *production well* terhadap PIPESIM dihasilkan *error* yaitu masing-masing sebesar 0,721% dan 0,9%. Sedangkan validasi reservoir terhadap COMSOL dihasilkan *error* sebesar 0,124% dan 0,023%. Dari hasil permodelan, CO<sub>2</sub> yang

tersimpan adalah 19,82 ton/hari. Berdasarkan analisa sensitivitas, *profit* akan meningkat ketika laju aliran massa dan temperatur injeksi meningkat sementara akan menurun ketika tekanan injeksi meningkat. Hasil terbaik optimisasi didapatkan ketika digunakan *killer whale algorithm (KWA)*, *genetic algorithm (GA)*, dan *particle swarm optimization (PSO)* dimana terjadi peningkatan *profit* dari 3105,608 USD/hari menjadi 8715,439 USD/hari dengan jumlah CO<sub>2</sub> yang dapat tersimpan sebanyak 3662,985 ton.

**Kata kunci:** *enhanced gas recovery (EGR)*, *tight gas reservoir*, *optimization*, *stochastic algorithm*, *carbon sequestration*

# ***OPTIMIZATION OF ENHANCED GAS RECOVERY OPERATION IN TIGHT GAS RESERVOIR USING STOCHASTIC OPTIMIZATION ALGORITHM***

***Name*** : Mirza Ichwanul Aziz  
***NRP*** : 02311640000036  
***Department*** : Engineering Physics FT-IRS ITS  
***Supervisors*** : Ir. Matradji, M.Kom.

## ***ABSTRACT***

*Carbon dioxide or CO<sub>2</sub> is commonly called carbonic acid gas which is a chemical compound that is important for the life of organisms. EGR is an effort to increase gas production from a gas reservoir that has decreased production. In this study, CO<sub>2</sub> EGR and CS are modeled by dividing into three parts namely injection well, reservoir and production well. Pressure gradients in injection and production well are modeled with the Beggs-Brill equation while in reservoirs use the Darcy equation. The temperature gradient for each part is modeled by the heat transfer equation. Validation of pressure and temperature gradient models at injection well against PIPESIM resulted in errors of 0,756% and 0,04%, while production well are 0,721% and 0,9% respectively, while reservoir validation for COMSOL generated errors of 0,124% and 0,023%. From the results of the modeling, stored CO<sub>2</sub> is 19,82 tons / day. Based on sensitivity analysis, profit will increase when mass flow rate and injection temperature increase while decreasing when injection pressure increases. The best optimization results are obtained when killer whale algorithm (KWA), genetic algorithm (GA), and particle swarm optimization (PSO) are used, where profit increases from 3105,608 USD/day to 8715,439 USD / day with the amount of CO<sub>2</sub> that can be stored as much as 3662,985 tons.*

***Keyword:*** *enhanced gas recovery (EGR), tight gas reservoir, optimization, stochastic algorithm, carbon sequestration*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T. karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

### **“OPTIMISASI OPERASI *ENHANCED GAS RECOVERY* PADA *TIGHT GAS RESERVOIR* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC OPTIMIZATION ALGORITHM*”**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam program studi S-1 Teknik Fisika FT-IRS ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Suyanto, S.T., M.T. selaku kepala departemen Teknik Fisika ITS. Serta segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di departemen Teknik Fisika - ITS.
2. Ir. Matradji, M.Kom. dan bapak Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu memberikan semangat dan ide-ide baru.
3. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi yang telah memberikan *insight* dan nasihat serta kemudahan perizinan.
4. Ibu Halimatus Sakdijah dan Bapak Mochammad Ikhlas, selaku kedua orangtua yang telah selaku orang tua penulis yang selalu memberikan kebahagiaan dan tak henti-hentinya memberikan doa untuk penulis.
5. Mas Wahyu dan Mbak Siti Sofiya yang telah membantu penulis dalam memberikan ilmu dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Erna Septyaningrum, S.T., M.T. selaku dosen wali yang sabar dalam membimbing dan melakukan perwalian.

7. Teman-teman angkatan Thalassinus Fortis yang sangat suportif selama penyelesaian tugas akhir ini.
8. Teman-teman aslab Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol yang telah mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir.
9. Seluruh teman-teman F52, F53, penghuni kantin idjo, Cak Apin, Pak Sam, Pak Syawal dan *civitas* Teknik Fisika yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir selama setahun terakhir ini.
10. Pihak lainnya yang tidak dapat dikatakan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 1 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
LEMBAR PENGESAHAN .....	xi
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
KATA PENGANTAR .....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR NOTASI.....	27
BAB I PENDAHULUAN.....	3
1.1    Latar Belakang .....	3
1.2    Rumusan Masalah.....	4
1.3    Tujuan .....	5
1.4    Lingkup Kajian .....	5
1.5    Sistematika Laporan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	7
2.1 <i>Enhanced Gas Recovery</i> .....	7
2.2    Permeabilitas.....	11
2.3    Porositas .....	12
2.4    Persamaan Kontinuitas.....	13
2.5    Darcy's <i>Law</i> .....	14

2.6	Reynolds Number .....	16
2.7	Pemodelan Metode <i>Begg's – Brill</i> .....	18
2.8	Pemodelan Transfer Panas pada <i>Reservoir</i> .....	20
2.9	Pemodelan Transfer Panas pada <i>Injection</i> atau <i>Production well</i> .....	22
2.10	<i>Particle Swarm Optimization</i> .....	22
2.11	<i>Killer Whale Algorithm</i> .....	25
2.12	<i>Rain Water Algorithm</i> .....	31
2.13	<i>Duelist Algorithm</i> .....	33
2.14	<i>Genetic Algorithm</i> .....	36
2.15	<i>Tight Gas Reservoir</i> .....	39
2.16	<i>Reservoir Rocks</i> .....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		45
3.1	Studi Literatur.....	46
3.2	Penentuan Input CO <sub>2</sub> EGR dan <i>Reservoir Properties</i> .....	47
3.3	Penentuan Fungsi Objektif .....	48
3.4	Pemodelan <i>Pressure Drop</i> dan <i>Heat Transfer</i> pada <i>Injection well</i> , <i>Production Well</i> dan <i>Reservoir</i> .....	49
3.5	Perhitungan <i>Natural Gas Production Rate</i> dan <i>Carbon Storage</i> .....	49
3.6	Optimisasi CO <sub>2</sub> EGR <i>Operation</i> .....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	Pemodelan <i>Pressure Drop</i> dan <i>Temperature Gradient</i> pada <i>Injection Well</i> .....	55
4.2	Pemodelan <i>Pressure Drop</i> dan <i>Temperature Gradient</i> pada <i>Reservoir</i> . 57	
4.3	Pemodelan <i>Pressure Drop</i> dan <i>Temperature Gradient</i> pada <i>Production Well</i> .....	59



4.4	Hasil Perhitungan <i>Natural Gas Recovery</i> , <i>Production Rate</i> , Biaya Pemisahan CO <sub>2</sub> , Biaya Operasional.....	61
4.5	CO <sub>2</sub> <i>Sequestration</i> .....	64
4.6	Analisis Sensitifitas.....	65
4.7	Teknik Optimisasi.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		77
5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA .....		79
LAMPIRAN.....		83
LAMPIRAN A Penurunan Rumus Beggs Brill .....		83
LAMPIRAN B Perhitungan <i>Pressure – Drop</i> Menggunakan Beggs – Brill pada <i>Injection Well</i> .....		85
LAMPIRAN C Contoh Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Menggunakan Persamaan Darcy pada <i>Reservoir</i> .....		93
LAMPIRAN D Contoh Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Menggunakan Beggs – Brill pada <i>Production Well</i> .....		95
LAMPIRAN E Contoh Perhitungan <i>Heat Transfer</i> pada <i>Injection Well</i> dan <i>Production Well</i> .....		101
LAMPIRAN F Contoh Perhitungan <i>Heat Transfer</i> pada <i>Injection Well</i> dan <i>Production Well</i> .....		103
LAMPIRAN G Validasi Model <i>Injection Well</i> .....		107
LAMPIRAN H Validasi Model <i>Reservoir</i> .....		139
LAMPIRAN I Validasi Model <i>Injection Well</i> .....		239
LAMPIRAN J <i>Codingan</i> MATLAB Fungsi Objektif.....		275
LAMPIRAN K <i>Codingan</i> MATLAB <i>Properties</i> CO <sub>2</sub> .....		281
LAMPIRAN L <i>Codingan</i> MATLAB Optimisasi <i>Killer Whale Algorithm</i> .....		283

LAMPIRAN M <i>Codingan</i> MATLAB Optimisasi <i>Duelist Algorithm</i> .....	291
LAMPIRAN N <i>Codingan</i> MATLAB Optimisasi <i>Genetic Algorithm</i> .....	297
LAMPIRAN O <i>Codingan</i> MATLAB Optimisasi <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	301
LAMPIRAN P <i>Codingan</i> MATLAB Optimisasi <i>Rain Water Algorithm</i> .....	305
BIODATA PENULIS.....	309

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> <i>The climate diamond</i> .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Opsi <i>geological storage</i> untuk CO <sub>2</sub> EGR.....	9
<b>Gambar 2. 3</b> Klasifikasi EOR/EGR.....	10
<b>Gambar 2. 4</b> Sifat batuan permeabilitas dan porositas .....	11
<b>Gambar 2. 5</b> Aliran fluida yang mengalir melalui pipa dengan variasi luas penampang.....	13
<b>Gambar 2. 6</b> Ilustrasi <i>Darcy's law</i> dalam tabung tiga dimensi .....	14
<b>Gambar 2. 7</b> Ilustrasi <i>Darcy's law</i> tabung dua dimensi .....	15
<b>Gambar 2. 8</b> Karakteristik aliran .....	16
<b>Gambar 2. 9</b> Ilustrasi aliran berdasarkan <i>Reynolds number</i> .....	17
<b>Gambar 2. 10</b> Pola aliran pada metode Beggs Brill .....	18
<b>Gambar 2. 11</b> Grafik pola aliran Beggs Brill .....	19
<b>Gambar 2. 12</b> Ilustrasi <i>particle swarm optimization</i> .....	23
<b>Gambar 2. 13</b> Tahapan <i>particle swarm optimization</i> .....	24
<b>Gambar 2. 14</b> Ilustrasi <i>killer whale algorithm</i> .....	26
<b>Gambar 2. 15</b> Skema <i>killer whale algorithm</i> .....	26
<b>Gambar 2. 16</b> Tahapan <i>killer whale algorithm</i> .....	29
<b>Gambar 2. 17</b> Tahapan <i>killer whale algorithm</i> (lanjutan) .....	30
<b>Gambar 2. 18</b> Tahapan <i>rain water algorithm</i> .....	32
<b>Gambar 2. 19</b> Tahapan <i>duelist algorithm</i> .....	34
<b>Gambar 2. 20</b> Tahapan <i>duelist algorithm</i> (lanjutan) .....	35
<b>Gambar 2. 21</b> Tahapan <i>genetic algorithm</i> .....	36
<b>Gambar 2. 22</b> Mekanisme <i>crossover genetic algorithm</i> .....	38
<b>Gambar 2. 23</b> Ilustrasi <i>genetic algorithm</i> .....	38
<b>Gambar 2. 24</b> <i>Reservoir rock conventional</i> (kiri) vs <i>unconventional / tight</i> (kanan) .....	39
<b>Gambar 2. 25</b> Perbandingan <i>traditional reservoir rock</i> vs <i>low – permeability reservoir rock</i> .....	40
<b>Gambar 2. 26</b> <i>Basin – centered gas accumulation model</i> .....	41

<b>Gambar 2. 27</b>	<i>Tight gas reservoir</i> .....	42
<b>Gambar 2. 28</b>	Persentase tipe <i>reservoir rocks</i> di dunia pada 1956 .....	43
<b>Gambar 2. 29</b>	Tipe batuan <i>reservoir</i> .....	44
<b>Gambar 3. 1</b>	Metodologi Penelitian.....	46
<b>Gambar 4. 1</b>	Kurva tekanan terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> .....	56
<b>Gambar 4. 2</b>	Kurva temperatur terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> .....	56
<b>Gambar 4. 3</b>	Kurva tekanan pada <i>reservoir</i> .....	58
<b>Gambar 4. 4</b>	Kurva temperatur pada <i>reservoir</i> .....	59
<b>Gambar 4. 5</b>	Kurva tekanan pada <i>production well</i> .....	60
<b>Gambar 4. 6</b>	Kurva Temperatur pada <i>production well</i> .....	61
<b>Gambar 4. 7</b>	Kurva analisis sensitifitas perubahan laju aliran massa injeksi.....	65
<b>Gambar 4. 8</b>	Kurva Analisis sensitifitas perubahan tekanan injeksi.....	66
<b>Gambar 4. 9</b>	Kurva analisis sensitifitas perubahan temperatur injeksi.....	67
<b>Gambar 4. 10</b>	Plot <i>fitness</i> terbaik setiap KWA.....	71
<b>Gambar 4. 11</b>	Plot <i>fitness</i> terbaik setiap generasi GA.....	71
<b>Gambar 4. 12</b>	Plot <i>fitness</i> terbaik setiap generasi PSO.....	72
<b>Gambar 4. 13</b>	Kurva tekanan pada <i>injection well</i> setelah dilakukan optimisasi....	73
<b>Gambar 4. 14</b>	Kurva temperatur pada <i>injection well</i> setelah dioptimisasi.....	73
<b>Gambar 4. 15</b>	Kurva tekanan pada <i>reservoir</i> setelah dilakukan optimisasi.....	74
<b>Gambar 4. 16</b>	Kurva temperatur pada <i>reservoir</i> setelah dilakukan optimisasi....	74
<b>Gambar 4.17</b>	Kurva tekanan <i>production well</i> setelah optimisasi.....	75
<b>Gambar 4.18</b>	Kurva temperatur <i>production well</i> setelah optimisasi.....	75

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> <i>EOR Fundamentals</i> .....	8
<b>Tabel 3. 1</b> <i>Komposisi Natural Gas</i> .....	48
<b>Tabel 4. 1</b> Parameter Input untuk Permodelan Gradien Tekanan dan Temperatur.....	55
<b>Tabel 4. 2</b> Tabel Parameter Input Pemodelan pada Reservoir.....	58
<b>Tabel 4. 3</b> <i>Komposisi Natural Gas</i> Setelah Dilakukan Injeksi .....	62
<b>Tabel 4. 4</b> Perhitungan CO <sub>2</sub> EGR dan <i>Carbon Sequestration</i> .....	63
<b>Tabel 4. 5</b> Jumlah CO <sub>2</sub> yang Tersimpan dalam Satuan Waktu .....	65
<b>Tabel 4. 6</b> Variabel-variabel Optimal Hasil Optimisasi .....	68

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
$f_{tp}$	Faktor gesekan dua fase	-
$G_m$	Laju flux massa campuran	kg/m <sup>2</sup> s
$g_c$	Faktor gravitasi	-
$d$	Diameter aliran	m
$g$	Percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>
$\rho_L$	Massa jenis <i>liquid</i>	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_g$	Massa jenis gas	kg/m <sup>3</sup>
$H_L$	Fraksi <i>holdup</i>	-
$\theta$	Sudut kemiringan horizontal	°
$N_{RE}$	ReynoldS <i>Number</i>	-
$\rho$	massa jenis	kg/m <sup>3</sup>
$v$	<i>Velocity</i>	m/s
$\mu$	<i>Dynamic viscosity</i>	kg/m-s
$u$	<i>Kinematic viscosity</i>	m <sup>2</sup> /s
$q$	Laju volumetric aliran fluida	m <sup>3</sup> /s
$\Delta P$	Perbedaan tekanan dari titik awal - titik akhir	psia
$A$	Luas area yang dilewati fluida	m <sup>2</sup>
$L$	Panjang medium yang dilalui	m
$k$	Permeabilitas dari medium	cm <sup>2</sup>
$Q$	<i>Heat quantity</i>	kJ
$Z$	<i>Distance</i>	m
$r_{to}$	<i>Tube ratio</i>	m
$U_{to}$	<i>Overall heat transfer coefficient</i>	W/m <sup>2</sup> -K
$T$	Temperatur	°C
$T_h$	Temperatur ambien	°C
$Q_1$	Energi panas awal CO <sub>2</sub>	kJ
$Q_2$	Energi panas CO <sub>2</sub> setelah melewati <i>reservoir</i>	kJ

$Q_{total\ losses}$	Energi panas CO <sub>2</sub> yang hilang	kJ
$m_{CO_2}$	Massa karbon dioksida	kg
$C_{p1}$	<i>Heat capacity</i> sebelum <i>reservoir</i>	kJ/kg-C
$C_{p2}$	<i>Heat capacity</i> sesudah <i>reservoir</i>	kJ/kg-C
$T_{\infty}$	Temperatur <i>reservoir</i>	°C
$R_{konduksi}$	Hambatan panas konduksi	m <sup>2</sup> -K/W
$R_{konveksi}$	Hambatan panas konveksi	m <sup>2</sup> -K/W
$Nu$	Nusselt <i>number</i>	-
$Pr$	Prandlt <i>number</i>	-
$P_t$	Pendapatan	USD/hari
$V_{pd}$	Laju produksi total <i>natural gas</i>	MMBTU/hari
$P_0$	Harga jual total	USD/MMBtu
$G_P$	<i>Cumulative production</i>	m <sup>3</sup>
$z$	<i>Gas deviation factor</i>	
$h$	<i>Thickness</i>	m
$\Phi$	Porositas	%
$B_{gi}$	<i>Initial gas formation volume factor</i>	L <sup>3</sup> /std L <sup>3</sup>
$S_{gi}$	<i>Gas saturation</i>	-
$M$	<i>Mobility ratio</i>	-
$\mu_{ng}$	Viskositas <i>natural gas</i>	kg/m.s
$\mu_{mix}$	Viskositas campuran	kg/m.s
$B_{CO_2}$	Biaya CO <sub>2</sub>	USD/hari
$V_{CO_2}$	Volume CO <sub>2</sub>	MMBTU/hari
$P_{CO_2}$	Harga CO <sub>2</sub>	USD/MMBtu
$B_R$	Total biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	USD/hari
$V_{prod}$	Volume <i>recovery</i> CO <sub>2</sub> per hari	bbl/hari
$W_P$	Besar usaha pompa	Watt
$BR_{CO_2}$	Biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	USD/bbl
$B_{OP}$	Biaya operasional pompa	USD/jam
$Y$	Lama operasi pompa	jam
$K$	Tarif dasar listrik	USD/kWh



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> lazim disebut gas asam arang yang merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan organisme di dunia ini. Udara bersih mengandung kira-kira 0,03% karbon dioksida (Susana, 1988). Karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK). Karbon dioksida menyumbang 9-26% dari total GRK (Solomon dkk., 2007 dalam Krebs, 2009) dengan potensi radiasi pemicu pemanasan global 56% dari potensi total GRK (Ravindranath dkk., 2008). Selain itu, CO<sub>2</sub> merupakan gas yang memiliki kemampuan paling lama bertahan di atmosfer (*the mayor long-lived greenhouse gasses*) (IPCC, 1992) dan bersirkulasi di atmosfer selama kurang lebih 75 tahun (Rahmawati dkk., 2012). Dalam 250 tahun terakhir konsentrasi CO<sub>2</sub> mengalami kenaikan dari 270 ppm menjadi lebih dari 370 ppm. (Leach dkk., 2011).

Peningkatan emisi dari CO<sub>2</sub> telah banyak memberi dampak negatif terhadap iklim dan lingkungan. Sehingga hal ini menarik perhatian dunia terutama dari kalangan peneliti untuk terus melakukan berbagai upaya pencarian solusi untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> (Oldenburg dkk., 2009). Salah satu solusi efektif yang dimungkinkan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> adalah dengan memindahkan CO<sub>2</sub> ke dalam lapisan bumi atau yang lebih dikenal dengan *carbon sequestration* (Wit, 2002). Dengan penurunan produksi dan meningkatnya permintaan bahan bakar fosil, gas yang diproduksi secara ekonomis dari sumber tidak konvensional (*tight gas*, *coal bed methane* (CBM), dan gas hidrat) adalah sumber yang menarik. Volume besar dan potensi jangka panjang, harga gas yang menarik dan ketertarikan yang belum pernah terjadi sebelumnya terhadap pasar dunia, menjadikan gas tidak konvensional menjadi yang terdepan di masa depan energi kita.

*Tight gas reservoir* memiliki permeabilitas di kisaran *mikrodarcy*, dan memiliki potensi masa depan yang sangat besar untuk produksi. Upaya teknologi terpadu untuk lebih memahami karakteristik sumber daya *tight gas* dan mengembangkan pendekatan teknik yang solid sangat diperlukan untuk peningkatan produksi yang signifikan dari permeabilitas rendah ini. Produksi gas

dari *tight gas reservoir* akan lebih rendah pada basis per sumur dibandingkan dengan produksi gas dari *reservoir* konvensional. Banyak sumur harus dibor untuk mendapatkannya sebagian besar minyak atau gas keluar dari tanah di *reservoir* tidak konvensional (Naik, 2003).

EGR merupakan upaya peningkatan produksi gas dari suatu reservoir gas yang telah mengalami penurunan produksi. Konsepnya tidak jauh berbeda dengan *enhanced oil recovery* (EOR) yang dilakukan dengan menginjeksikan suatu energi atau massa melalui sumur injeksi ke dalam reservoir minyak. CO<sub>2</sub> EOR telah terbukti berhasil secara teknis dan ekonomis selama lebih dari 40 tahun (C. M. Oldenburg, S. H. Stevens, 2017). Namun, hal yang sama belum banyak diaplikasikan untuk EGR dan *carbon sequestration*. Pada penelitian ini dilakukan optimasi CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* pada kondisi operasi injeksi pada *tight gas reservoir* dengan mempertimbangkan biaya. Variabel-variabel yang dioptimisasi meliputi laju aliran, temperatur dan tekanan CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan menuju reservoir *natural gas* melalui sumur injeksi. Dengan adanya optimisasi ini diharapkan kondisi operasi berlangsung optimal sehingga biaya produksi yang diperlukan seminimal mungkin dan menghasilkan keuntungan produksi gas alam dan penyimpanan CO<sub>2</sub> yang maksimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah yang akan diselesaikan sebagai berikut:

- a) Bagaimana pemodelan operasi injeksi CO<sub>2</sub> pada *enhanced gas recovery* dan *carbon sequestration* pada *tight gas reservoir* mulai dari *injection well*, *production well* dan pemisahan gas CO<sub>2</sub> ?
- b) Bagaimana optimisasi peningkatan produksi gas pada *enhanced gas recovery* dan *carbon sequestration* dengan metode injeksi CO<sub>2</sub> ?

### 1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah tersebut didapatkan tujuan penelitian yang akan dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- a) Memodelkan operasi injeksi pada *CO<sub>2</sub> enhanced gas recovery* dan *carbon sequestration* pada *tight gas reservoir* mulai dari *injection well*, *production well* dan pemisahan gas *CO<sub>2</sub>*.
- b) Melakukan optimisasi peningkatan produksi gas pada *enhanced gas recovery* dan *carbon sequestration* dengan metode injeksi *CO<sub>2</sub>*.

### 1.4 Lingkup Kajian

Lingkup kajian pada pengusulan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Pada penelitian ini optimisasi yang dilakukan dibatasi dengan menggunakan *killer whale algorithm* (KWA), *duelist algorithm* (DA), *genetic algorithm* (GA), *rain water algorithm* (RWA), dan *particle swarm optimization* (PSO).
- b) Metode *enhanced gas recovery* yang dibahas di penelitian ini yaitu *carbon sequestration* (*CO<sub>2</sub> Injection*) dan penerapannya pada *reservoir* dengan jenis *tight gas reservoir* dengan batuan *sandstone*. EGR ini merupakan *tertiary recovery* yang terjadi setelah sebagian besar gas diangkat dari *reservoir primary* dan *secondary recovery*.
- c) Ruang lingkupnya yaitu mulai injeksi *CO<sub>2</sub>* di *injection well*, *reservoir*, sampai keluar di *production well*.

## 1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

### a) BAB I Pendahuluan

Bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan pada tugas akhir ini.

### b) BAB II Teori Penunjang

Bab II ini membahas teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu meliputi *enhanced gas recovery*, teknik optimisasi, porositas, permeabilitas, Reynolds *number*, Darcy's *law*, serta *tight gas reservoir*.

### c) BAB III Metodologi

Bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode, dan rincian dari langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### d) BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab IV ini berisi tentang data hasil penelitian dan juga pembahasan serta analisa penelitian.

### e) BAB V Kesimpulan dan Saran

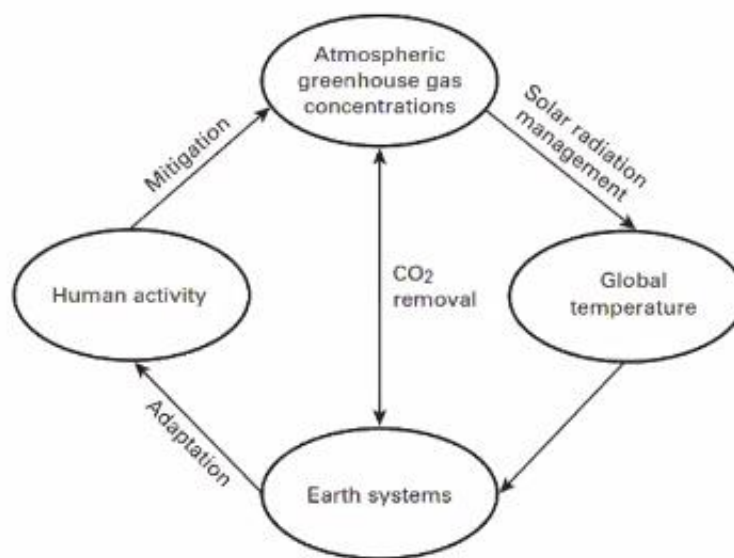
Bab V ini terdiri dari kesimpulan tentang tugas akhir ini dan saran sebagai penunjang tugas akhir selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 *Enhanced Gas Recovery*

*Enhanced gas recovery* (EGR) adalah suatu upaya untuk meningkatkan produksi *natural gas* pada reservoir *natural gas* yang telah mengalami penurunan produksi. Gagasan dibalik CO<sub>2</sub> EGR adalah sebagaimana *natural gas* terus menerus diproduksi, maka tekanan pada reservoir akan menurun menuju titik dimana laju produksi dari *natural gas* sudah tidak dapat memberikan keuntungan meskipun masih terdapat jumlah *natural gas* yang signifikan di reservoir.



**Gambar 2. 1** *The climate diamond* (Yusuf, 2020)

Dari gambar 2.1 dapat dilihat adalah *the climate diamond*, yang menunjukkan interaksi yang terjadi di alam dan beberapa kemungkinan strategi penanganan. *Rule of thumb* untuk rasio *carbon per unit* dari konten energi di batubara, minyak dan gas adalah 5:4:3. Setiap hari kita membuat banyak keputusan yang dapat memengaruhi besarnya jejak karbon yang dihasilkan, seperti saat kita memutuskan

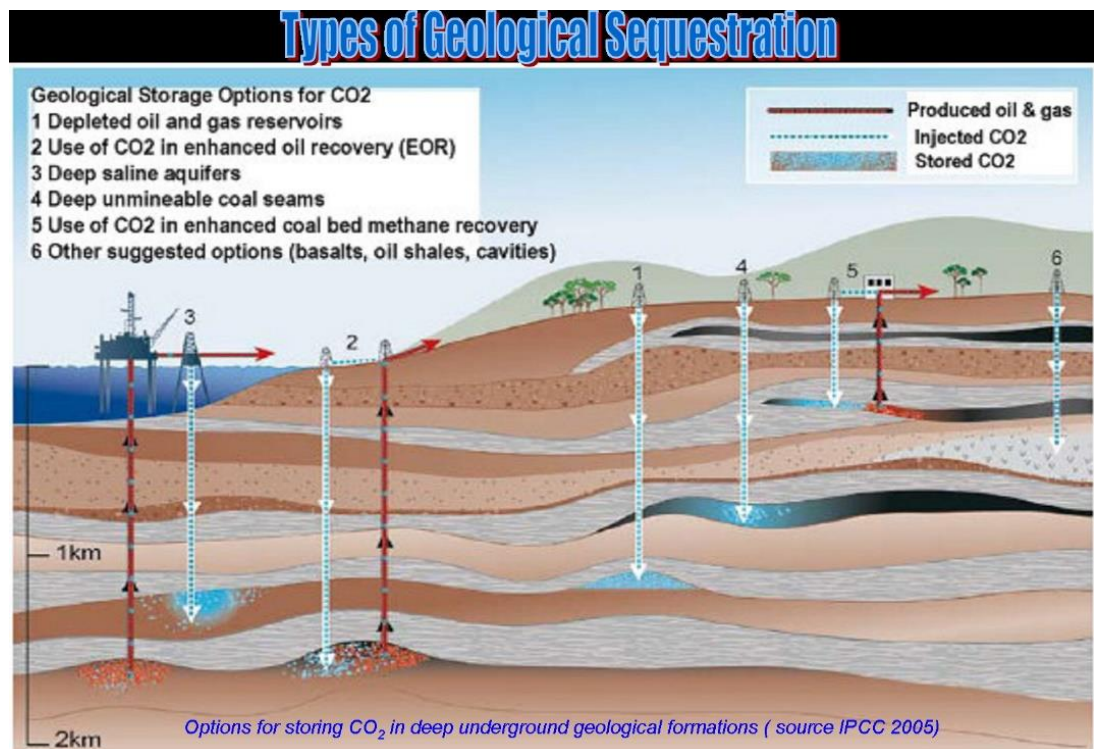
akan menggunakan transportasi apa untuk berpergian. Opsi yang paling menjanjikan saat ini yaitu dengan menginjeksikan CO<sub>2</sub> kedalam perut bumi.

**Tabel 2. 1 EOR Fundamentals**

EOR METHOD		PRESSURE SUPPORT	SWEEP IMPROVEMENT	IFT REDUCTION	WETTABILITY ALTERATION	VISCOSITY REDUCTION	OIL SWELLING	HYDRO CARBON SINGLE PHASES	COMPOSITIONAL CHANGE	INCREMENTAL RECOVERY FACTOR
WATERFLOOD	WATERFLOOD									BASE CASE
	ENGINEERED WATER									LOW
GASFLOOD IMMISCIBLE	HYDROCARBON									MODERATE
	CARBONDIOXIDE									HIGH
	NITROGEN									MODERATE
GASFLOOD MISCIBLE	HYDROCARBON									HIGH
	WAG									VERY HIGH
	CARBONDIOXIDE									HIGH
	CARBONDIOXIDE WAG									HIGHEST
THERMAL	STEAM									HIGH
	HIGH PRESSURE AIR									HIGH
CHEMICAL	POLYMER									LOW
	SURFACTANT									MODERATE
	ASP									HIGH

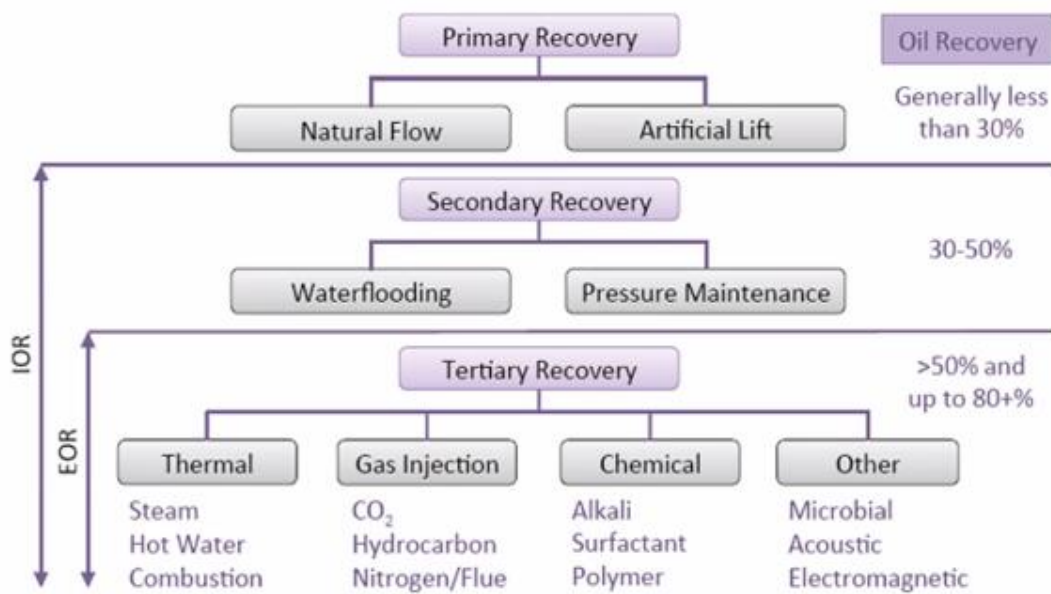
Tabel 2.1 menunjukan perbandingan antara CO<sub>2</sub> EGR dengan metode yang lain. Kelebihan metode ini dibanding dengan yang lain adalah adanya *sweep improvement*, *viscosity reduction*, *oil swelling*, *hydrocarbon single phase* dan *compositional change* dan yang terpenting adalah *recovery factor* yang tinggi.

Densitas dan viskositas CO<sub>2</sub> yang lebih besar dibandingkan gas alam yang dominan komposisinya adalah CH<sub>4</sub> berpotensi untuk digunakan sebagai gas pendorong pada reservoir *natural gas* yang telah mengalami penurunan produksi. Hal ini berarti jika CO<sub>2</sub> diinjeksikan menuju reservoir *natural gas* tersebut maka *natural gas* yang berada pada reservoir *natural gas* dapat diproduksi. Beberapa penelitian mengenai simulasi dari CO<sub>2</sub> EGR telah dilakukan, hasilnya adalah terjadi peningkatan produksi *natural gas* pada reservoir *natural gas* yang telah mengalami penurunan produksi (E-theses, 2016).



**Gambar 2. 2** Opsi *geological storage* untuk CO<sub>2</sub> EGR (Putra, 2016)

Di gambar 2.2 adalah beberapa opsi penyimpanan untuk CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Selain itu, terdapat karakteristik lain yang sesuai sehingga dapat lebih menguntungkan apabila dilakukan CO<sub>2</sub> EGR. Beberapa karakteristik tersebut (C. M. Oldenburg, Pruess, & Benson, 2001) yang pertama, adanya kemungkinan terjadi CO<sub>2</sub> *breakthrough* dapat diminimalisir dikarenakan CO<sub>2</sub> mempunyai densitas hingga enam kali lebih tinggi dari pada CH<sub>4</sub> di dalam reservoir. Kedua, viskositas CO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan CH<sub>4</sub> sehingga CO<sub>2</sub> mempunyai rasio mobilitas yang lebih rendah dan menyebabkan proses perpindahan yang lebih stabil.

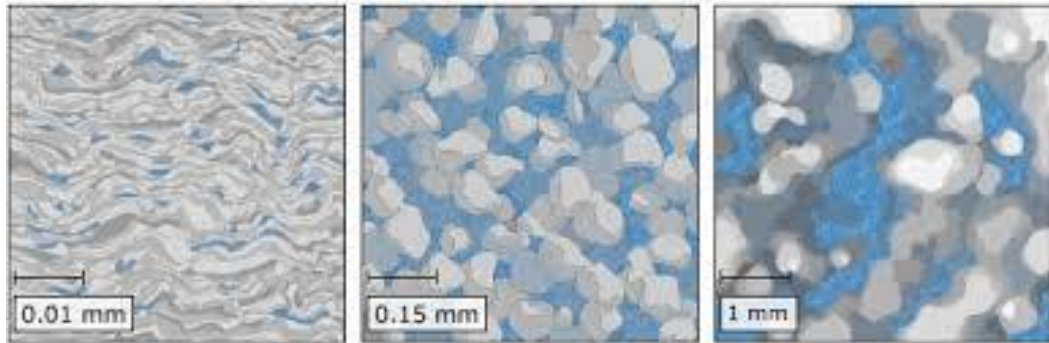


**Gambar 2. 3** Klasifikasi EOR/EGR (Leach dkk., 2011)

Seperti pada gambar 2.3, terdapat beberapa jenis metode *recovery*. Yaitu *primary recovery*, *secondary recovery*, *tertiary recovery*. *Primary recovery* dibagi menjadi *natural flow* dan *artificial lift*, dengan *recovery factor* kurang dari 30 %. *Secondary factor* dibagi menjadi *waterflooding* dan *pressure maintenance*, dengan *recovery factor* antara 30 – 50 %. CO<sub>2</sub> EGR masuk kedalam *tertiary recovery*, yang didalamnya ada *thermal* (*steam*, *hot water*, *combustion*), *gas injection* (CO<sub>2</sub>, *hydrocarbon*, *nitrogen*), *chemical* (*alkali*, *surfactant*, *polymer*) dengan *recovery factor* antara 50 – 80 %.



## 2.2 Permeabilitas



**Gambar 2. 4** Sifat batuan permeabilitas dan porositas (Grace, 2015)

Permeabilitas adalah kemampuan medium berpori (dalam hal ini lapisan formasi batuan pada reservoir) untuk menghantarkan fluida yang melaluinya. Permeabilitas merupakan sifat intrinsik dari bahan berpori dan menentukan seberapa mudah fluida mengalir melewati reservoir hidrokarbon, akuifer, kerikil dan penyaring. Dapat dilihat pada gambar 2.4 ilustrasinya, semakin kecil permeabilitasnya semakin rapat pori-pori pada batuan.

Permeabilitas ditentukan oleh ukuran, bentuk dan material dari media berpori. Semakin besar nilai permeabilitas, semakin besar pula aliran fluida yang dapat dihantarkan melalui medium tersebut (Schlumberger, 2015). Pada tahun 1856, Henry Darcy melakukan penelitian dan didapatkan hubungan seperti persamaan (2.1) (Banette, 2014).

$$q = \frac{cA\Delta P}{L} \quad (2.1)$$

dengan:

$q$  = laju volumetric aliran fluida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\Delta P$  = perbedaan tekanan dari titik awal hingga titik akhir (psia)

$A$  = luas area yang dilalui fluida ( $\text{m}^2$ )

$L$  = panjang medium yang dilalui (m)

Nilai  $c$  didapatkan dari invers proporsional viskositas fluida yang digunakan.

$$c = \frac{k}{\mu} \quad (2.2)$$

dengan:

$q$  = nilai permeabilitas dari medium dengan dimensi  $\text{cm}^2$

$\mu$  = nilai viskositas fluida

Sehingga persamaan (2.2) dapat disubstitusi ke dalam persamaan (2.1) dan menjadi persamaan (2.3).

$$\Delta P = \frac{q\mu L}{kA} \quad (2.3)$$

Satuan permeabilitas merupakan Darcy dimana  $1 \text{ Darcy} = 9.869 \times 10^{-9} \text{ cm}^2$ . Maka melalui persamaan diatas bisa didapatkan nilai *pressure drop* pada reservoir dengan mengetahui nilai permeabilitas formasi batuan, viskositas fluida, luas dan panjang reservoir, serta laju volumetrik aliran fluida.

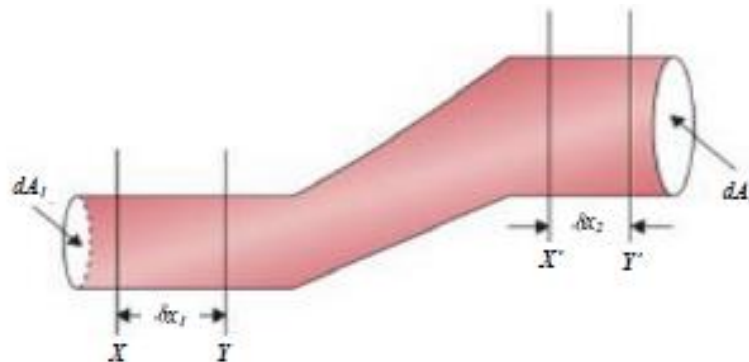
### 2.3 Porositas

Suatu karakteristik penting pada reservoir hidrokarbon adalah porositas. Porositas merupakan rasio ruang pori (*pore volume*) dibanding dengan keseluruhan volume pada formasi batuan (*bulk volume*), dan umumnya dinyatakan dalam bentuk persen. Porositas merupakan salah satu karakteristik penting dari reservoir yang harus diketahui. Formasi batuan dalam reservoir tidak hanya harus memiliki pori-pori yang berisi hidrokarbon tetapi juga harus mempunyai pori-pori yang cukup besar agar hidrokarbon dapat mengalir melalui batuan tersebut. Sehingga porositas dapat menjadi informasi untuk mengetahui potensi kandungan hidrokarbon yang terdapat pada formasi batuan. Dalam bentuk persamaan porositas dinyatakan di persamaan (2.4) (Harbaugh, 1967).

$$\text{persen porositas} = \frac{\text{pore volume}}{\text{bulk volume}} \times 100 \quad (2.4)$$

## 2.4 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas merupakan prinsip kesetimbangan massa dimana massa fluida yang masuk sama dengan massa fluida yang keluar. Ilustrasi prinsip ini dapat dilihat pada Gambar 2.5 . Karena fluida berpindah, misalkan dalam waktu step  $t$ , fluida menduduki ruang  $XX'$  berpindah kepada ruang  $YY'$ . Jarak antara  $X$  dan  $Y$  adalah  $x_1$  dan antara  $X'$  dan  $Y'$  adalah  $x_2$ . Luas penampang pada  $X$  adalah  $dA_1$ , dan pada  $X'$  adalah  $dA_2$ . Luas penampang dibuat berbeda pada kedua ujung agar diketahui pengaruh dari perbedaan luas penampang tersebut. Untuk material yang akan dikonversi, massa yang terkandung pada ruang  $XX'$  harus sama dengan di ruang  $YY'$ . Telah dicatat bahwa fluida yang terkandung pada ruang  $XX'$  adalah umum untuk keduanya, yaitu ruang awal dan akhir. Oleh karena itu, massa pada fluida di ruang  $XY$  harus sama dengan di ruang  $X'Y'$ . (R. P. S. dkk., 2014)



**Gambar 2. 5** Aliran fluida yang mengalir melalui pipa dengan variasi luas penampang (R. P. S. dkk., 2014)

Persamaan kontinuitas dasar aliran massa maupun debit dapat dinyatakan sebagai persamaan (2.5).

$$\rho Au = m \quad (2.5)$$

dengan:

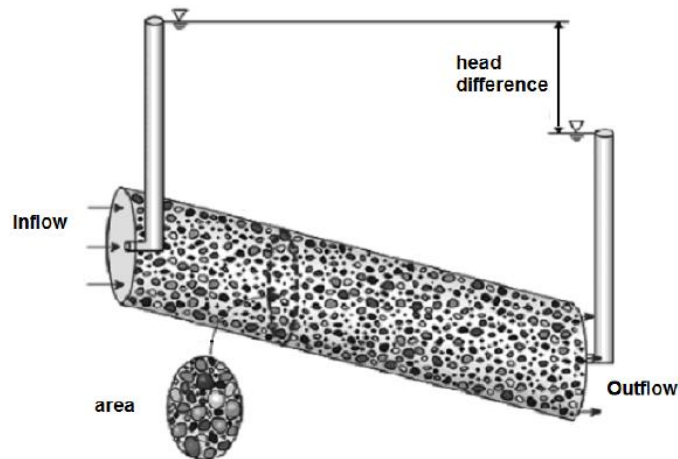
$\rho$  = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$A$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

$u$  = kecepatan rata-rata ( $\text{m/s}$ )

$m$  = laju aliran massa ( $\text{kg/s}$ )

## 2.5 Darcy's Law



**Gambar 2. 6** Ilustrasi *Darcy's law* dalam tabung tiga dimensi (Abdussamie, 2014)

Hukum Darcy merupakan persamaan yang mendefinisikan kemampuan fluida yang mengalir pada media berpori. Pada awalnya hukum Darcy diperkenalkan sebagai hubungan empiris berdasarkan percobaan pada aliran tunak dalam saringan pasir vertikal homogen. Di antara yang paling berpengaruh terhadap aliran tersebut adalah porositas dan luas permukaan spesifik  $S_o$  (luas permukaan pori dalam satuan volume pada material padat) dimana hal tersebut juga mempengaruhi nilai permeabilitas. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.6 dan gambar 2.7.

*Darcy number* adalah angka tak berdimensi (*dimensionless number*) yang digunakan dalam dinamika aliran melalui media berpori dan ditemukan dari bentuk diferensial dari hukum Darcy (Banette, 2014):

$$D_a = \frac{K}{L^2} \quad (2.6)$$

dengan:

$D_a$  = Darcy number

$K$  = permeabilitas dari media ( $m^2$ )

$L$  = panjang media (m)

Hukum Darcy menyatakan bahwa medan kecepatan (*velocity field*) ditentukan oleh gradien tekanan, viskositas fluida, dan struktur dari media berpori, di persamaan (2.7):

$$\mathbf{u} = -\frac{K}{\mu} \nabla p \quad (2.7)$$

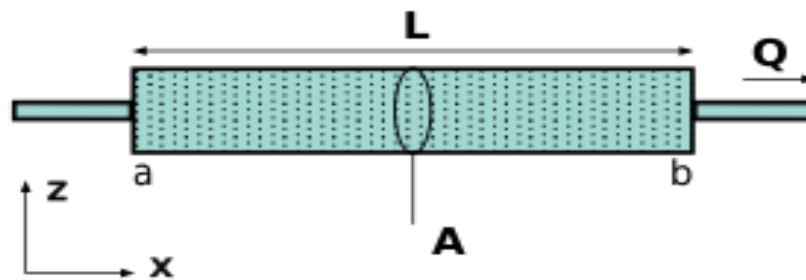
dengan:

$\mathbf{u}$  = kecepatan Darcy (m/s)

$K$  = permeabilitas formasi batuan ( $\text{m}^2$ )

$\mu$  = viskositas dinamik fluida ( $\text{kg/m.s}$ )

$P$  = tekanan (Pa)



**Gambar 2. 7** Ilustrasi Darcy's law tabung dua dimensi (Kapitola, 2006)

Sedangkan kombinasi antara hukum Darcy dan persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\epsilon_p \rho) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = Q_m \quad (2.8)$$

dengan:

$\rho$  = densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

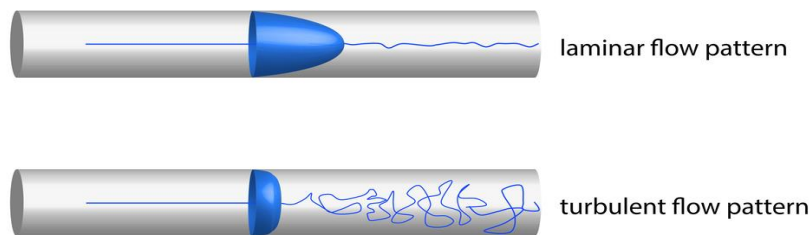
$\epsilon$  = porositas (*dimensionless*)

$Q_m$  = sumber massa ( $\text{kg/m}^3.\text{s}$ )

## 2.6 Reynolds Number

Reynolds *number* adalah bilangan tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya *viscous*. Reynolds *number* dapat digunakan untuk memprediksi kondisi aliran. Apabila gaya *viscous* lebih dominan (laju aliran dan nilai Reynolds *number* rendah) maka terdapat cukup gaya untuk mempertahankan fluida dalam suatu arah aliran atau dapat dikatakan laminar. Sedangkan, apabila gaya inersia yang melebihi gaya *viscous* maka aliran akan menjadi turbulen. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.8 dan 2.9. Berikut merupakan karakteristik aliran berdasarkan nilai Reynolds *number*.

- a) *Laminar flow*, merupakan aliran dengan nilai Reynolds *number* dibawah 2000.
- b) *Transition flow*, merupakan aliran dengan nilai Reynolds *number* diantara 2000-4000.
- c) *Turbulent flow*, merupakan aliran dengan nilai Reynolds *number* diatas 4000.



**Gambar 2. 8** Karakteristik aliran (Lunawat, 2020)

Nilai Reynolds *number* dinyatakan dengan persamaan (2.9) (C. M. Oldenburg dkk., 2001).

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{v \cdot d}{u} \quad (2.9)$$

dengan:

$N_{Re}$  = Reynolds *number*

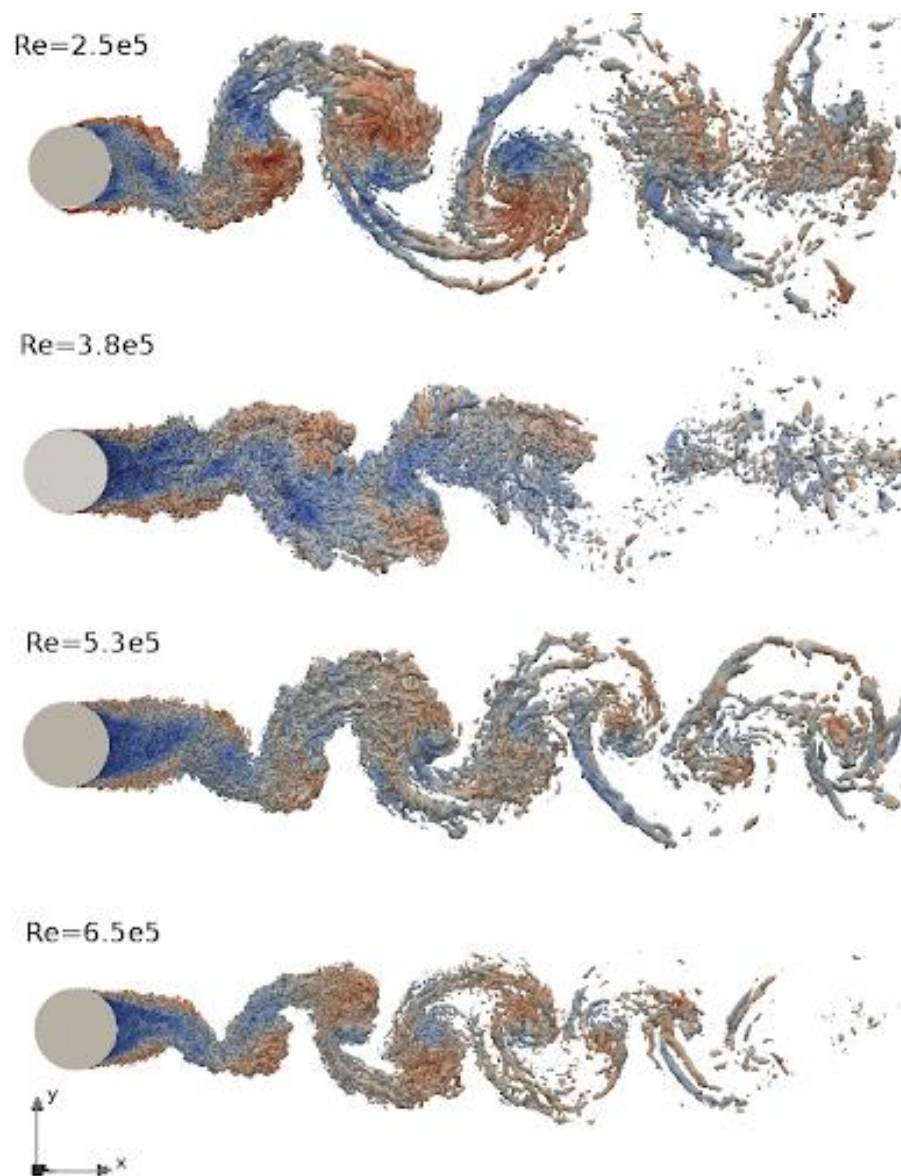
$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = *velocity* (m/s)

$d$  = diameter pipa (m)

$\mu$  = *dynamic viscosity* (kg/m-s)

$\nu$  = *kinematic viscosity* (m<sup>2</sup>/s)



**Gambar 2. 9** Ilustrasi aliran berdasarkan Reynolds *number* (Rodriguez, 2016)

## 2.7 Pemodelan Metode *Begg's – Brill*

Berdasarkan hasil eksperimen, pada tahun 1973 Beggs-Brill mendapatkan persamaan gradien tekanan pada aliran vertikal multifase dengan melakukan analisis kesetimbangan energi, dan mengasumsikan tidak ada gaya eksternal dari atau terhadap fluida alir. Ilustrasi dapat dilihat di gambar 2.10 dan gambar 2.11. *Pressure drop* pada aliran multifase dapat ditentukan dengan persamaan (2.10).

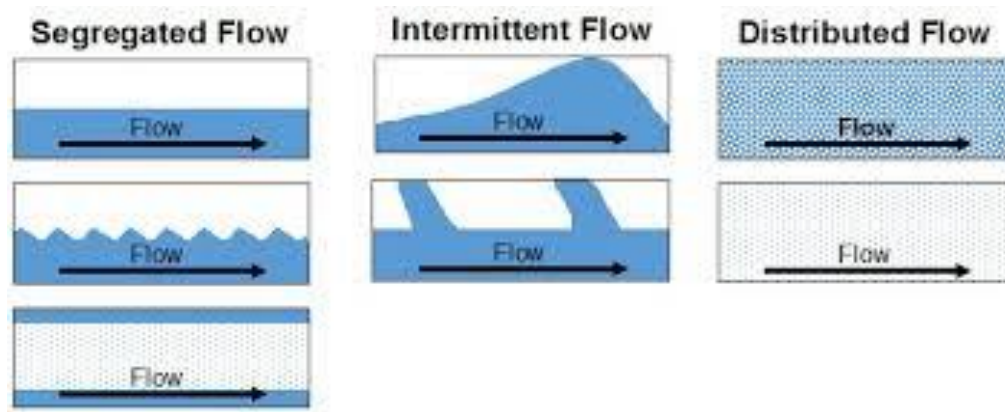
$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{frikasi} + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{elevasi} + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{akselerasi} \quad (2.10)$$

dengan:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{frikasi} = \text{rugi friksi (psia)}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{elevasi} = \text{rugi elevasi (psia)}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{akselerasi} = \text{rugi akselerasi (psia)}$$



**Gambar 2. 10** Pola aliran pada metode Beggs Brill (Shapiro, 2020)

*Pressure drop* pada aliran multifase terjadi karena adanya rugi gesekan atau friksi, perbedaan pelepasan atau perubahan energi potensial yang diakibatkan adanya perbedaan elevasi, dan akselerasi atau perubahan energi kinetik. Rugi akselerasi begitu kecil sehingga dapat diabaikan (Beggs & Brill, 1973). Rugi friksi terjadi karena adanya gesekan fluida dengan pipa. Rugi friksi juga dipengaruhi oleh pola aliran. Terdapat beberapa pola aliran fluida pada pipa yaitu *segregated*,



*intermediate*, dan *distributed*. Rugi friksi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.11).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{\text{friksi}} = \frac{f_{tp} \cdot G_m \cdot v_m}{2 \cdot g_c \cdot d} \quad (2.11)$$

dengan:

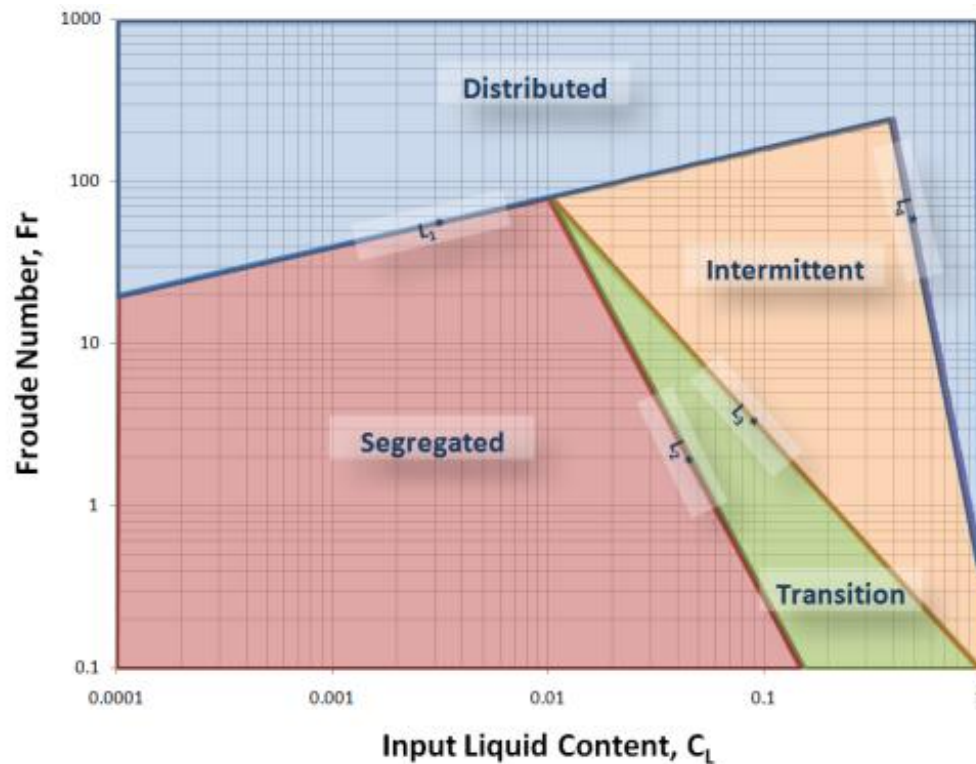
$f_{tp}$  = faktor gesekan dua fase

$G_m$  = laju flux massa campuran (kg/m<sup>2</sup>s)

$v_m$  = kecepatan massa campuran (m/s)

$g_c$  = faktor gravitasi

$d$  = diameter aliran (m)



**Gambar 2. 11** Grafik pola aliran Beggs Brill (IHSEnergy, 2020)

Rugi elevasi adalah berkurangnya tekanan fluida dikarenakan fluida kehilangan tekanan hidrostatik dan dipengaruhi oleh densitas fluida serta tinggi kolom fluida. Menurut Beggs-Brill, *pressure drop* dapat diprediksi dengan menghitung fraksi cairan *holdup*. Fraksi cairan *holdup* adalah fraksi volume cairan

di dalam suatu elemen dibandingkan terhadap volume keseluruhan elemen. Rugi elevasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.12).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{elevasi} = \frac{g}{c} [\rho_L H_L + \rho_g(1 - H_L)]x \sin\theta \quad (2.12)$$

dengan:

- $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- $\rho_L$  = massa jenis liquid ( $\text{kg/m}^3$ )
- $H_L$  = fraksi *holdup*
- $\theta$  = sudut kemiringan dari horizontal

Pada penelitian ini, aliran yang digunakan adalah aliran pada pipa vertikal dengan sudut kemiringan ( $\theta$ ) adalah 90. Sehingga dengan melakukan substitusi sudut kemiringan pada persamaan (2.15) didapatkan persamaan *pressure drop* total di persamaan (2.13).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{f_{tp} \cdot G_m \cdot v_m}{2 \cdot g_c \cdot d} + \frac{g}{g_c} [\rho_L H_L + \rho_g(1 - H_L)] \quad (2.13)$$

## 2.8 Pemodelan Transfer Panas pada *Reservoir*

Setelah melewati *injection well*,  $\text{CO}_2$  akan terdistribusi pada reservoir dengan properti PVT tertentu. Perpindahan panas dari  $\text{CO}_2$  ke reservoir menggunakan persamaan kesetimbangan perpindahan panas yang dirumuskan di persamaan (2.14).

$$Q_1 = Q_2 + Q_{total \ losses} \quad (2.14)$$

dengan:

- $Q_1$  = energi panas awal  $\text{CO}_2$  (kJ)
- $Q_2$  = energi panas  $\text{CO}_2$  setelah melalui *reservoir* (kJ)
- $Q_{total \ losses}$  = energi panas  $\text{CO}_2$  yang hilang (kJ)

Sementara itu, nilai energi  $Q_1$  dan  $Q_2$  didapatkan dari persamaan (2.1)5 dan persamaan (2.16).

$$Q_1 = m_{\text{CO}_2} C_{P1} T_1 \quad (2.15)$$

$$Q_2 = m_{\text{CO}_2} C_{P2} T_2 \quad (2.16)$$

dengan:

$m_{CO_2}$  = massa karbondioksida (kg)

$C_{p1}$  = *heat capacity* sebelum *reservoir* (kJ/kg-C)

$C_{p2}$  = *heat capacity* sesudah *reservoir* (kJ/kg-C)

$T_1$  = temperatur sebelum *reservoir* (C)

$T_2$  = temperatur sesudah *reservoir* (C)

Terdapat sejumlah energi yang hilang selama perambatan CO<sub>2</sub> dari *injection well* sampai ke *production well* baik secara konduksi maupun konveksi. Energi yang hilang tersebut dapat diturunkan melalui persamaan (2.17).

$$Q_{total\ losses} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{konduksi} - R_{konveksi}} \quad (2.17)$$

dengan:

$T_\infty$  = temperature *reservoir* (K)

$R_{konduksi}$  = hambatan panas konduksi (m<sup>2</sup>-K/W)

$R_{konveksi}$  = hambatan panas konveksi (m<sup>2</sup>-K/W)

Nilai  $R_{konduksi}$  dan  $R_{konveksi}$  dihitung dengan persamaan (2.18) dan persamaan (2.19).

$$R_{konduksi} = \frac{L_p}{k A_p} \quad (2.18)$$

$$R_{konveksi} = \frac{1}{h A_p} \quad (2.19)$$

dengan:

$L_p$  = *length characteristic* (m)

$k$  = *thermal conductivity formation* (W/m-K)

$A_p$  = *reservoir area* (m<sup>2</sup>)

$h$  = *convective heat transfer coefficient* (W/m<sup>2</sup>K)

Nilai  $h$  adalah *convective heat transfer coefficient* didapat dari persamaan Nusselt number yang dilambangkan dengan  $Nu$ . Nusselt number dapat diturunkan dari nilai Reynolds number (Re) dan Prandlt number (Pr), persamaan (2.20).

$$Nu = \frac{0.255}{\phi} Re^{2/3} Pr^{1/3} = \frac{h L_p}{k} \quad (2.20)$$

dengan:

- $R$  = *thermal resistance* (m<sup>2</sup>-K/W)  
 $Nu$  = *Nusselt number*  
 $Re$  = *Reynolds number*  
 $Pr$  = *Prandlt number*

## 2.9 Pemodelan Transfer Panas pada *Injection* atau *Production well*

Besarnya kalor yang hilang setiap satuan kedalaman, merupakan fungsi dari jari-jari tubing ( $r_{to}$ ), *overall heat transfer coefficient* ( $U_{to}$ ), suhu uap ( $T$ ) dan suhu bautan diluar tubing ( $T_h$ ). Persamaan perpindahan panas ini dinyatakan seperti pada persamaan (2.21) (H. G. dkk., 2015).

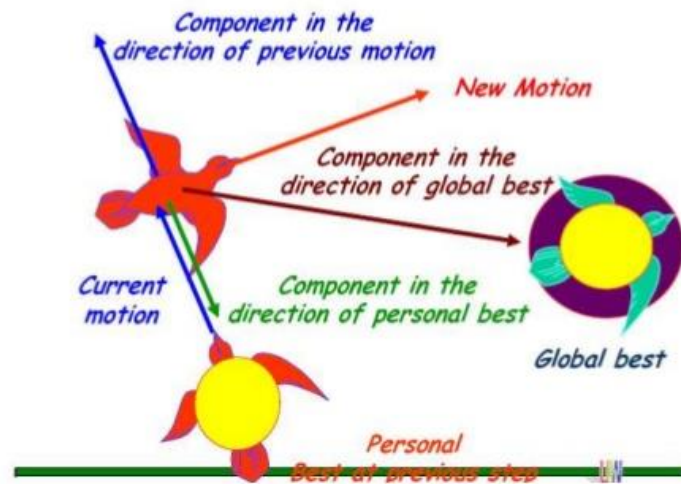
$$\frac{dQ}{dz} = 2\pi r_{to} U_{to} (T - T_h) \quad (2.21)$$

dengan:

- $Q$  = *heat quantity* (kJ)  
 $Z$  = *distance* (m)  
 $r_{to}$  = *tube ratio* (m)  
 $U_{to}$  = *overall heat transfer coefficient* (W/m<sup>2</sup>-K)  
 $T$  = *temperatur* (C)  
 $T_h$  = *temperature ambien* (C)

## 2.10 Particle Swarm Optimization

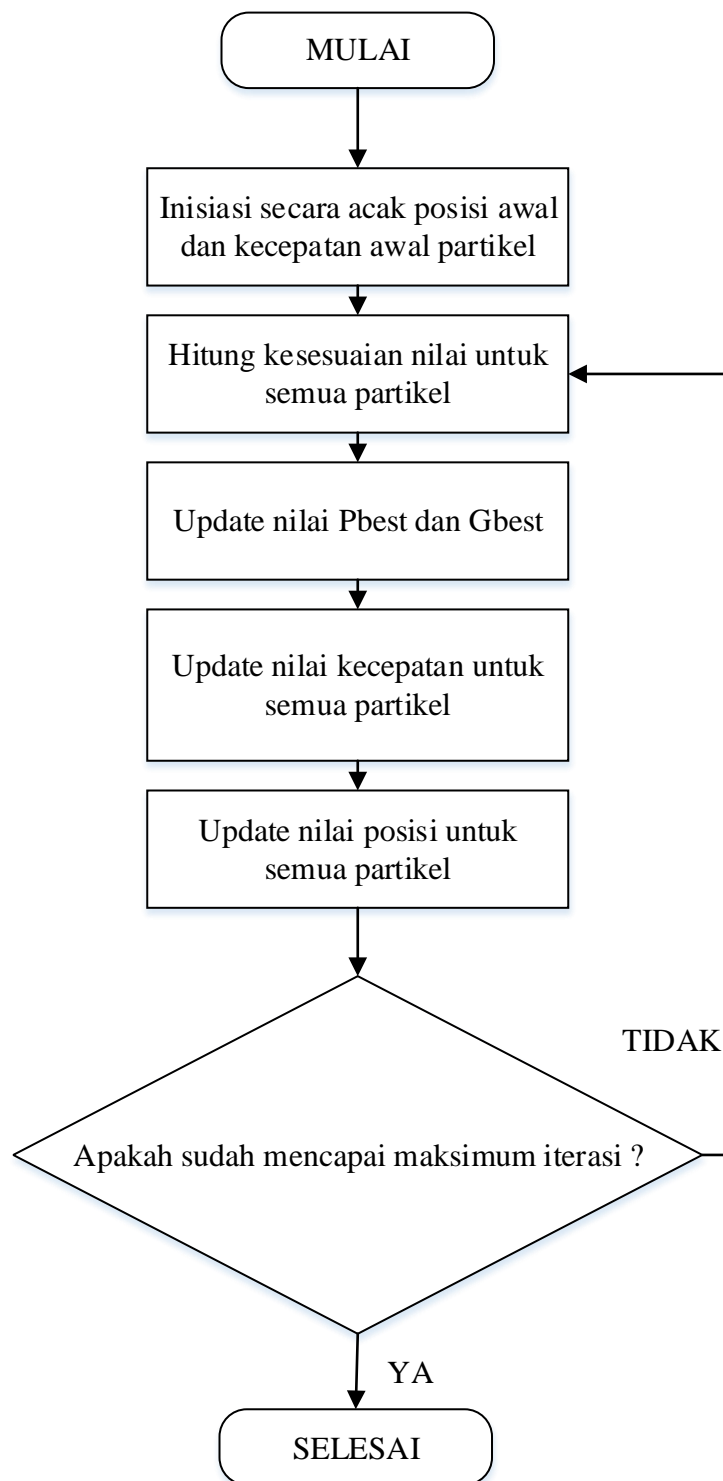
*Particle swarm optimization* (PSO) merupakan suatu algoritma yang meniru proses yang terjadi dalam kehidupan populasi burung atau ikan dalam mencari makanan. PSO pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 oleh Russel C. Eberhart dan James Kennedy. Ilustrasi dapat dilihat di gambar 2.12. Sejak pertama kali diperkenalkan PSO berkembang cukup pesat, baik dari sisi aplikasi maupun dari sisi pengembangan metode yang digunakan pada algoritma tersebut (Settles, 2005).



**Gambar 2. 12** Ilustrasi *particle swarm optimization* (Syaiin, 2016)

Pada PSO populasi diasumsikan mempunyai ukuran tertentu dengan setiap partikel mempunyai posisi awal yang acak dalam suatu ruang multidimensi. Setiap partikel mempunyai dua karakteristik penting, yakni posisi dan kecepatan. Setiap generasi partikel akan bergerak dalam ruang atau *space* tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Kemudian, partikel tersebut akan menyampaikan informasi mengenai posisi terbaiknya kepada partikel yang lain sehingga partikel lain akan menyesuaikan posisi dan kecepatan berdasarkan informasi yang telah diterima.

Pada setiap iterasi suatu nilai kecepatan baru untuk setiap partikel dihitung berdasarkan kecepatan sekarang, jarak dari posisi terbaik sebelumnya (*personal best*) dan jarak dari posisi *global best*. Kecepatan baru tersebut digunakan untuk menghitung posisi partikel selanjutnya dan proses tersebut berlangsung terus menerus hingga iterasi selesai dilakukan. Tahapan *particle swarm optimization* dapat dilihat di gambar 2.13.



**Gambar 2. 13** Tahapan *particle swarm optimization* (Biyanto, 2017)

Beberapa istilah umum yang biasa digunakan dalam algoritma PSO adalah sebagai berikut (Putra, 2016)

a. *Swarm*

*Swarm* merupakan populasi.

b. Partikel

Partikel merupakan anggota/ individu pada suatu *swarm*.

c. *Pbest (Personal Best)*

Merupakan posisi suatu partikel terbaik pada suatu iterasi dan dipersiapkan untuk mendapatkan solusi yang terbaik.

d. *Gbest (Global Best)*

Merupakan posisi terbaik partikel diantara *Pbest* yang ada dan menjadi solusi yang terbaik.

e. *Velocity (v)*

Vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah dimana partikel diperlukan untuk berpindah dan memperbaiki posisi sebelumnya.

f. *Inertia weight*

Parameter yang digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya *velocity* yang diberikan pada suatu partikel.

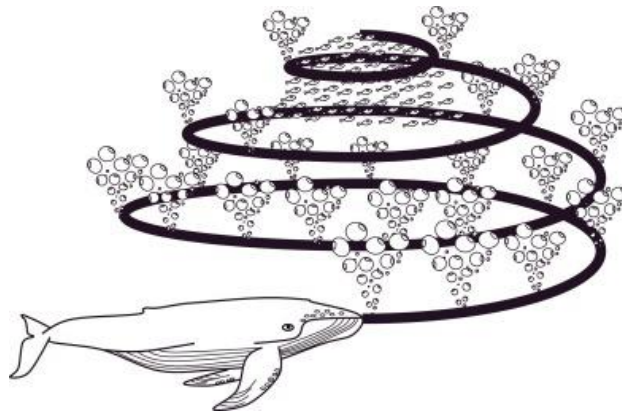
g. *Learning rates (c1 dan c2)*

Suatu konstanta untuk menilai kemampuan partikel (*c1*) dan kemampuan *social swarm* (*c2*) yang menunjukkan bobot dari partikel terhadap memorinya.

## 2.11 Killer Whale Algorithm

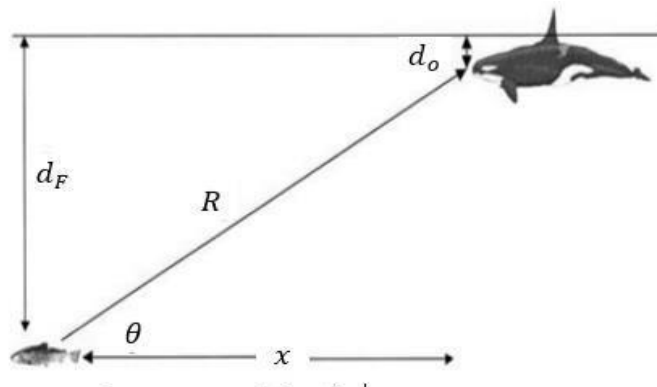
*Killer whale algorithm* (KWA) merupakan algoritma yang terinspirasi dari kehidupan paus pembunuh dalam berburu mangsanya. Paus pembunuh adalah mamalia laut yang ada di puncak tertinggi dari rantai makanan dalam sistem ekologi laut, atau lebih dikenal dengan sebutan *apex marine predator*. Sebagai *apex marine predator* paus pembunuh mempunyai dua tipe pola berburu yakni *fish-feeding residents* dan *mammal-hunting transients*. *Fish-feeding residents* merupakan pola berburu pada area yang sama, sedangkan *mammal-hunting transients* akan mengikuti migrasi dari makanan. Untuk mengetahui mangsa paus pembunuh

dilengkapi dengan kemampuan *echolocation vocalizations*. Dalam melakukan perburuan makanan paus pembunuh membentuk suatu kelompok dan mempunyai seorang pemimpin (Biyanto dkk., 2017). Ilustrasi dapat dilihat di gambar 2.14 dan gambar 2.15.



**Gambar 2. 14** Ilustrasi *killer whale algorithm* (Biyanto, 2017)

Dalam algoritma ini kumpulan *killer whale* yang membentuk suatu kelompok disebut dengan Martiline yang terdiri dari *leader* dan *member*. Menurut penelitian (Whitlow dkk., 2004) untuk memeriksa penggunaan *echolocation* oleh *killer whale* digunakan sebuah model matematika yang merepresentasikan pola *killer whale* dalam berburu mangsa, model matematika ini digunakan sebagai sebuah gerakan agen pencari untuk menemukan solusi terbaik dari *objective function* (Ford dkk., 2004).



**Gambar 2. 15** Skema *killer whale algorithm* (Biyanto, 2017)



Sudut ( $\theta$ ), dapat ditentukan dengan persamaan (2.21).

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{d_f - d_o}{R} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{d_f - d_o}{X} \right) \quad (2.21)$$

dengan:

- $d_f$  = kedalaman mangsa (m)
- $d_o$  = kedalaman sonar (m)
- $R$  = rentang kemiringan mangsa dan *killer whale* (m)
- $X$  = rentang horizontal (m)
- $\theta$  = sudut antara kemiringan dan horizontal

Setiap agen pencari membutuhkan kecepatan untuk menghasilkan gerakan dan menemukan lokasi makanan dalam bentuk besar dan arah dari gerakan. Model matematis yang merepresentasikan gerakan tersebut adalah persamaan (2.22).

$$\begin{cases} \vec{v}_t \leftarrow \vec{x}_t + \vec{U}(0, \phi_1) \otimes (\vec{p}_t - \vec{x}_t) + \vec{U}(0, \phi_2) \otimes (\vec{p}_g - \vec{x}_t), \\ \vec{v}_t \leftarrow \vec{x}_t + \vec{v}_t \end{cases} \quad (2.22)$$

dengan:

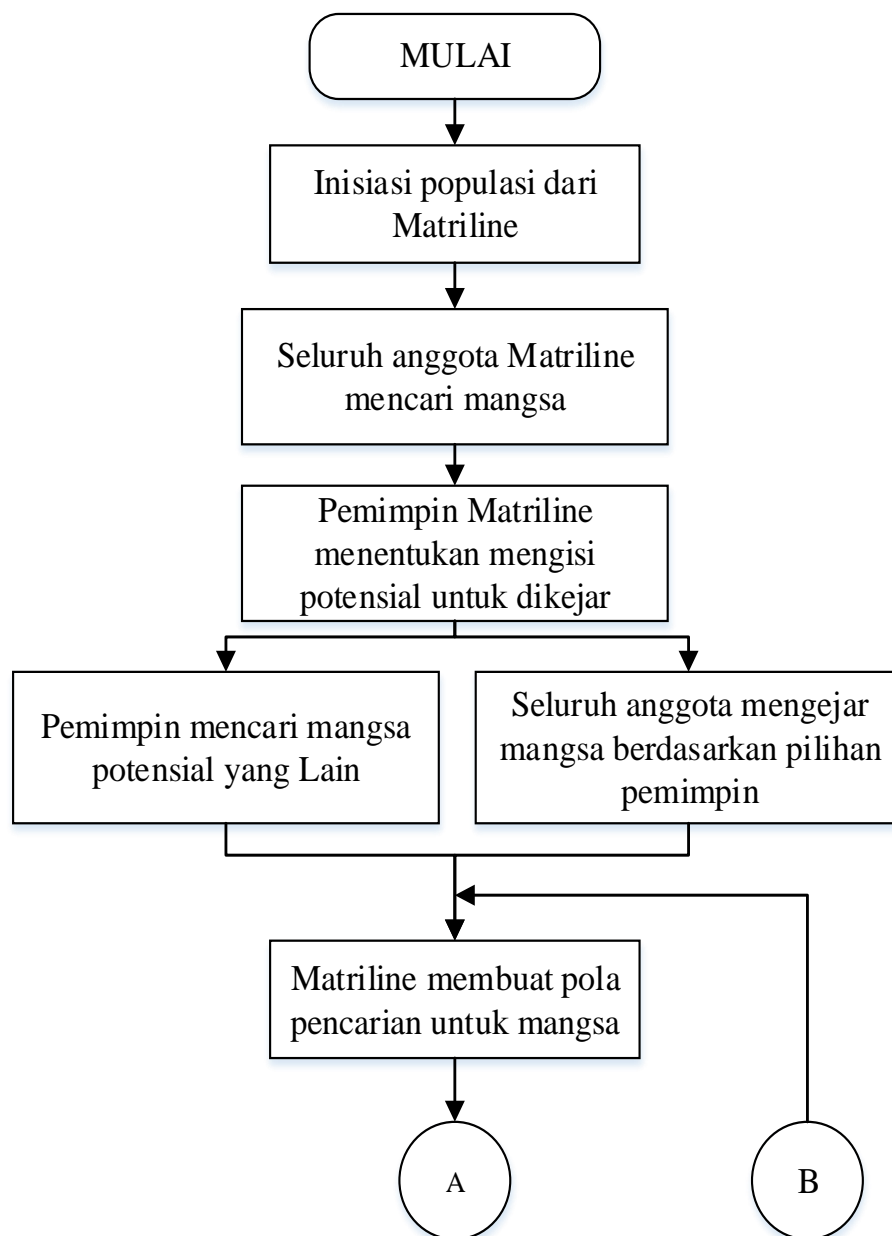
- $\vec{x}_t$  = posisi saat ini (m)
- $\vec{p}_t$  = posisi terbaik sebelumnya (m)
- $\vec{v}_t$  = pecepatan (m/s)

Setiap agen pencari terdiri dari tiga vektor D-dimensi, di mana D adalah dimensi dari ruang pencarian, yaitu posisi saat ini ( $\vec{x}_t$ ), posisi terbaik sebelumnya ( $\vec{p}_t$ ), dan kecepatan ( $\vec{v}_t$ ) serta waktu ( $t$ ). Posisi saat ini dapat dianggap sebagai satu set koordinat yang menggambarkan suatu titik dalam ruang. Pada setiap iterasi dari algoritma, posisi saat ini dievaluasi sebagai *problem solution*. Jika posisi saat ini lebih baik daripada posisi sebelumnya, maka posisi saat ini akan merepresentasikan posisi sebelumnya pada iterasi selanjutnya. Hasil nilai terbaik dari fungsi yang telah diperoleh lalu disimpan dalam sebuah variabel yang dapat disebut *pbest* sedangkan posisi terbaik sebelumnya dijadikan sebagai nilai pembanding pada iterasi selanjutnya. Tujuannya adalah untuk terus mencari posisi yang lebih baik dan memperbarui  $\vec{p}_t$  dan *pbest*. Titik baru dipilih dengan menambahkan  $\vec{v}_t$  koordinat pada  $\vec{x}_t$ , dan algoritma beroperasi dengan menyesuaikan  $\vec{v}_t$ , yang secara

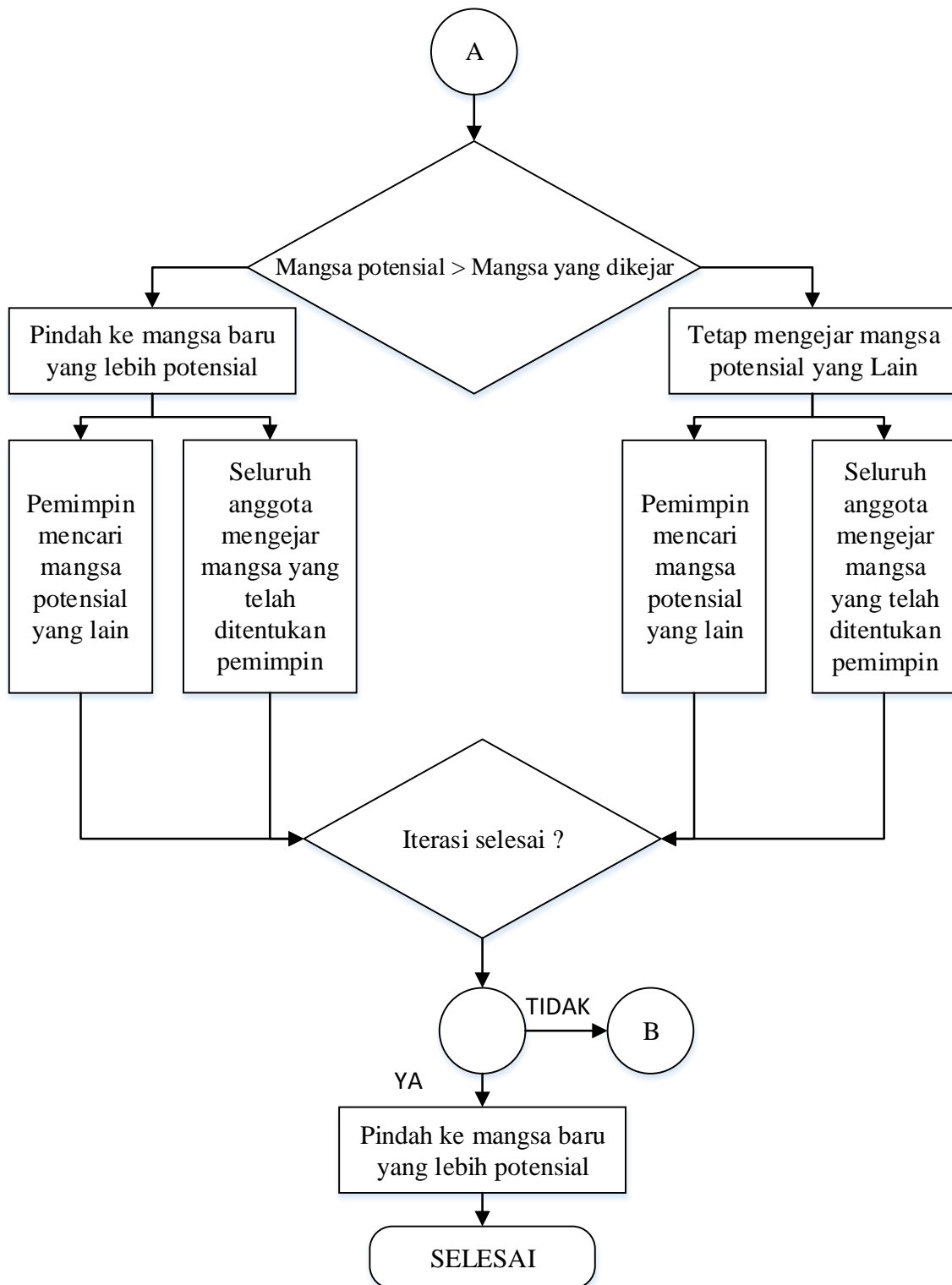
efektif dapat dilihat sebagai sebuah ukuran langkah. Vektor  $\vec{p}_l$  untuk *best neighbor*, akan menunjukkan  $\vec{p}_g$ , dimana  $g$  adalah variabel.

KWA digunakan pada titik-titik tertentu dalam rangka menempatkan agen pencari pada titik-titik yang dianggap sebagai titik optimal pada proses *scanning* pertama, sehingga algoritma dapat lebih cepat dalam menemukan *global optimum*. (Biyanto dkk., 2017) Proses inisialisasi dilakukan untuk menentukan parameter awal seperti, jumlah populasi *killer whale*, dimensi *objective function*, batas bawah dan batas atas *objective function*, jumlah *cluster* serta jumlah iterasi untuk proses *clustering*. Metode *clustering* digunakan untuk mempercepat pencarian nilai *global optimum* dalam *objective function* dan menghindari hasil akhir dalam bentuk nilai *local optimum*, populasi akan dibagi menjadi dua, antara *leader* dan *member*.

*Leader* bertugas untuk mencari mangsa, dan menentukan arah untuk menemukan mangsa, sementara itu untuk membunuh mangsa dilakukan oleh *member*. *Leader* bertugas untuk menemukan *global optimum* dengan membandingkan data yang diperoleh *member*. Daerah pencarian disetiap *cluster* akan ditelusuri oleh kedua kelompok, proses pencarian dimulai pada titik *centroid* dari setiap *cluster*, *leader* akan bergerak ke sisi lain *cluster* jika nilai yang diperoleh lebih rendah dari *member*. Jika *leader* pindah atau bertukar ke *cluster* lain, maka *member* akan pindah ke *cluster* lain, proses ini dilakukan dengan menggunakan prinsip dari jumlah *cluster* dibagi jumlah iterasi yang berarti seperti terdapat empat *cluster* dengan 20 iterasi untuk agen pencarian, maka untuk satu *cluster* dilakukan lima iterasi (Biyanto dkk., 2017). Ilustrasi tahapan *killer whale algorithm* dapat dilihat di gambar 2.16.



**Gambar 2. 16** Tahapan *killer whale algorithm* (Biyanto, 2017)

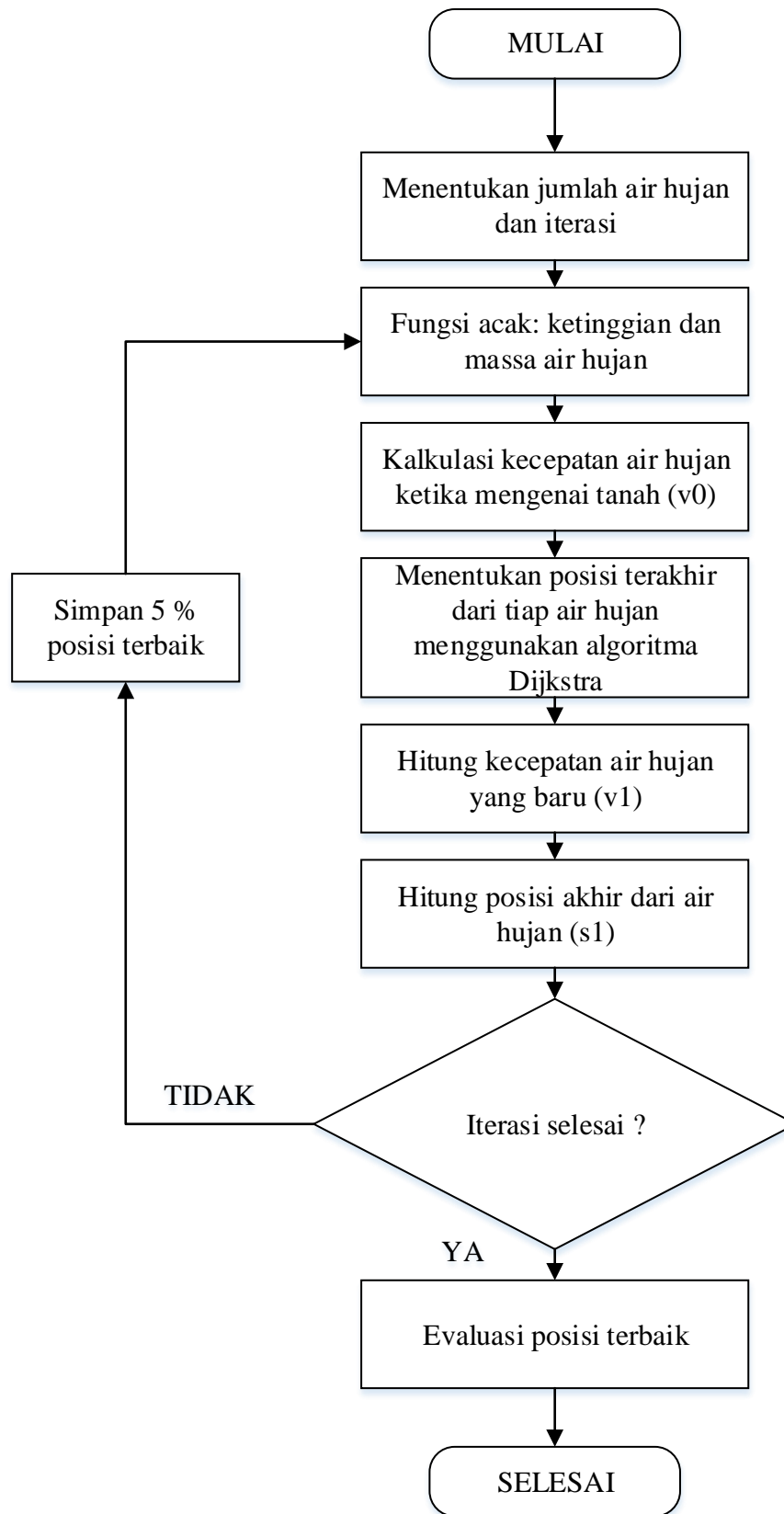


**Gambar 2. 17** Tahapan *killer whale algorithm* (lanjutan) (Biyanto, 2017)

### 2.12 *Rain Water Algorithm*

*Rain water algorithm (RWA)* merupakan metode optimisasi yang terinspirasi dari peristiwa jatuhnya air dari awan saat terjadinya hujan hingga menyentuh permukaan bumi (Biyanto dkk., 2016). Air hujan yang turun diasumsikan sebuah objek yang jatuh bebas. Sehingga akan mengikuti hukum newton. Setiap rintik hujan memiliki massa, kecepatan, ketinggian dan posisi tertentu sehingga waktu dan lokasi jatuhnya air hujan akan berbeda-beda. Dengan sifat air yang selalu mencari titik terendah maka air hujan akan berhenti pada posisi terendah dengan mengasumsi air hujan yang menyentuh permukaan bumi sebagai benda pejal sehingga berlaku hukum gerak lurus berubah beraturan. Air hujan yang berhenti pada waktu tercepat dan posisi terendah yang terbaik.

Perlu dilakukan inisialisasi parameter seperti jumlah air hujan, dimensi fungsi objektif, *global optimum* untuk menentukan nilai maksimum dan minimum, dan jumlah iterasi. Massa dan ketinggian air hujan ditentukan secara acak terlebih dahulu. Lalu dilakukan perhitungan kecepatan dan posisi air hujan saat menyentuh permukaan bumi. Air hujan akan mencari posisi terendah di sekitar posisi jatuh dengan memanfaatkan nilai massa dan kecepatan air hujan saat menyentuh permukaan. Lalu akan diakan disimpan 5% air hujan dengan posisi terendah dari total jumlah air hujan yang jatuh (Biyanto dkk., 2016). Ilustrasi tahapan *rain water algorithm* dapat dilihat di gambar 2.17



**Gambar 2. 18** Tahapan *rain water algorithm* (Biyanto, 2019)

### 2.13 Duelist Algorithm

*Duelist algorithm* (DA) merupakan salah satu metode optimisasi yang terinspirasi oleh pertarungan dan kemampuan belajar dari manusia. Pada metode DA, seluruh individu dalam populasi dinamai *duelist* dimana semua *duelist* tersebut harus bertarung satu lawan satu untuk menentukan juara, menang dan kalah. Pertarungan pada metode ini juga seperti pertarungan sungguhan dimana individu terkuat mempunyai kemungkinan untuk kalah dan individu yang lemah punya kemungkinan beruntung untuk menang.

Terdapat dua fase evolusi pada metode ini, yaitu berinovasi dan belajar. Fase berinovasi hanya dilakukan oleh sang juara dimana sang juara berkemungkinan untuk melakukan inovasi berdasarkan dari individu yang kalah. Sedangkan fase belajar hanya dilakukan oleh individu yang kalah dimana individu tersebut mempunyai kemungkinan untuk belajar dari sang juara. Lihat gambar 2.18.

Terdapat tahapan-tahapan yang harus dilakukan pada metode DA ini, yaitu:

a) Registrasi kandidat *duelist*

Registrasi kandidat *duelist* merupakan proses dimana setiap *duelist* diregsitrasi menggunakan *binary array*.

b) Pre-kualifikasi

Pre-kualifikasi merupakan test yang diberikan ke setiap *duelist* untuk mengukur atau mengevaluasi kemampuan bertarung mereka.

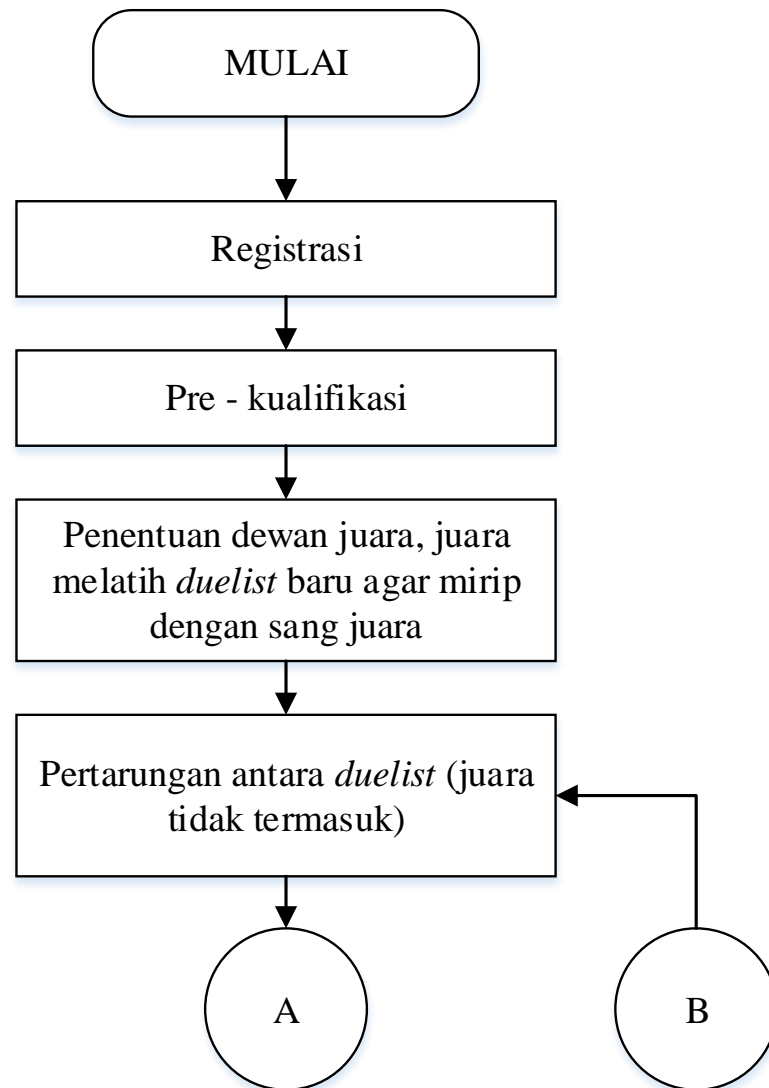
c) Penentuan dewan juara

Dewan juara ditetapkan untuk menjaga *duelist* terbaik tetap dalam pertarungan. Setiap juara harus melatih *duelist* yang baru agar bisa sebaik mereka. *Duelist* baru tersebut akan menggantikan posisi sang juara pada pertarungan dan ikut melaju ke babak selanjutnya.

a) Menentukan jadwal bertarung setiap *duelist*

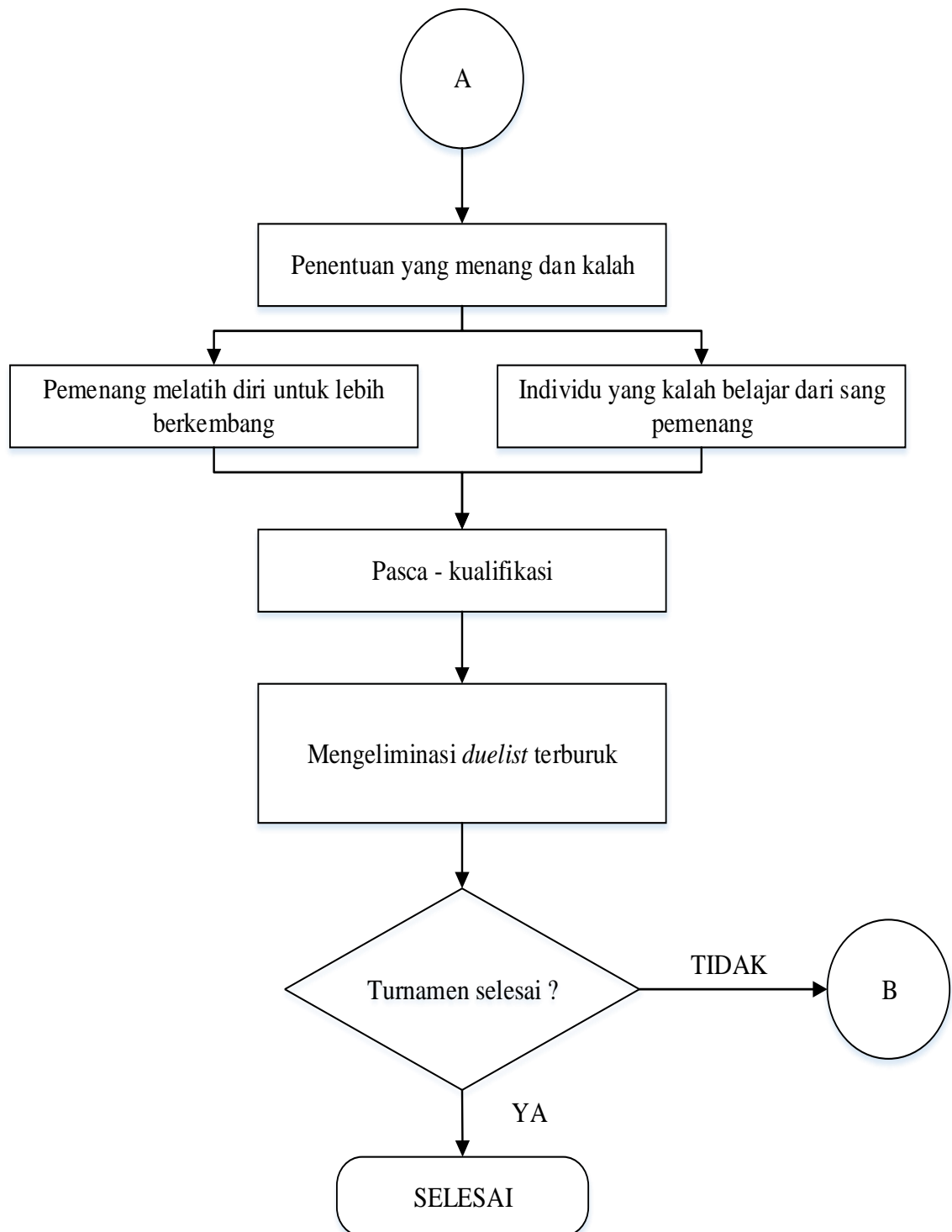
Jadwal bertarung tiap *duelist* akan di set secara random. Setiap petarung akan bertarung dengan kemampuan dan keberuntungan mereka untuk menentukan pemenang dan yang kalah. Pertarungan yang terjadi menggunakan logika sederhana. Jika kemampuan dan keberuntungan *duelist* A lebih besar dari *duelist* B maka *duelist* A adalah pemenangnya, begitu pula sebaliknya.

Keberuntungan *duelist* ditentukan secara acak untuk menghindari ketidakimbangan antara kedua *duelist*. Berikut ini adalah diagram alir dari proses optimisasi metode DA.



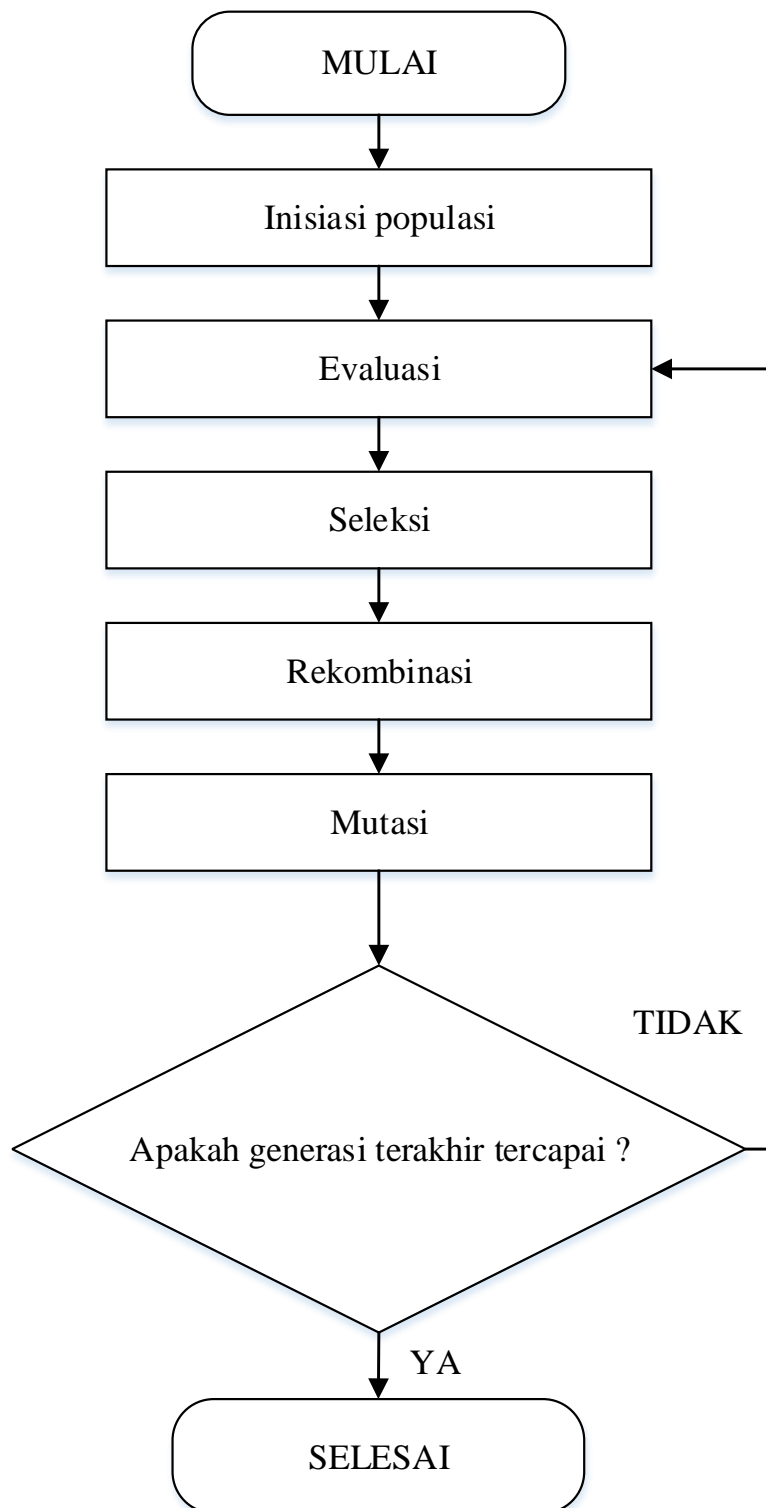
**Gambar 2. 19** Tahapan *duelist algorithm* (Biyanto, 2016)





**Gambar 2. 20** Tahapan *duelist algorithm* (lanjutan) (Biyanto, 2016)

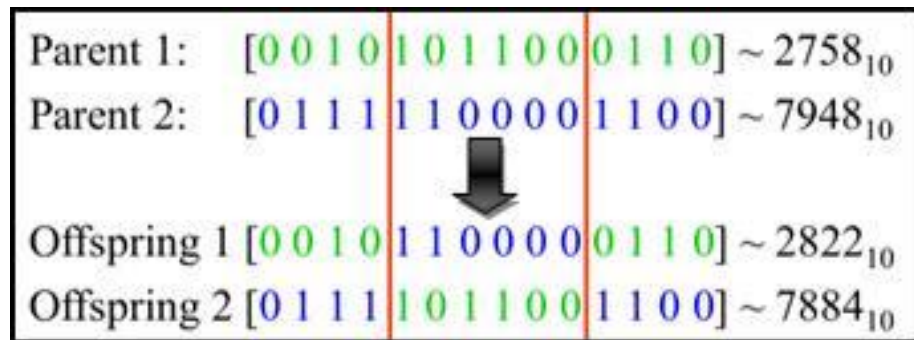
### 2.14 Genetic Algorithm



**Gambar 2. 21** Tahapan *genetic algorithm* (Kwong, 1996)

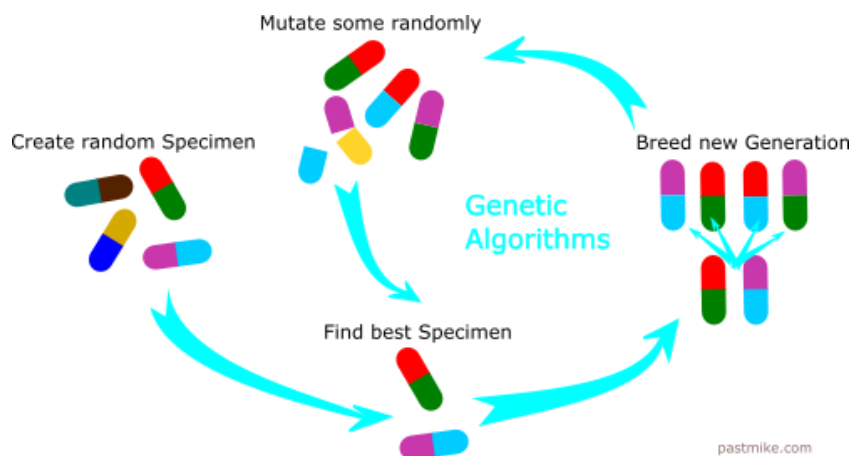
*Genetic algorithm* (GA) adalah algoritma optimisasi yang terinspirasi dari mekanisme seleksi alam, dimana individu yang terkuatlah yang akan bertahan hidup. Dalam algoritma ini potensi solusi dari suatu masalah adalah seorang individu dan dapat direpresentasikan dalam suatu *set* parameter. Parameter tersebut dianggap sebagai sebuah *genus* dari sebuah kromosom dan dapat tersusun dari sebuah nilai biner. Semakin baik kualitas suatu kromosom maka individu tersebut merupakan solusi dari permasalahan yang ada. Individu terbaik akan menghasilkan keturunan yang baik juga dan mungkin akan menghasilkan solusi yang lebih baik . (Kwong, 1996)

Tahapan pada *genetic algorithm* diawali dengan inisiasi populasi awal dari kandidat solusi. Ilustrasi dapat dilihat di gambar 2.19 Ukuran dari populasi bervariasi bergantung dari masalah yang akan diatasi menggunakan algoritma ini. Selanjutnya kromosom akan diberikan kode yaitu dengan menggunakan biner. Ketika populasi yang telah diinisiasi atau populasi keturunan terbentuk, nilai *fitness* dari tiap individu dievaluasi. Nilai *fitness* merupakan nilai dari kemampuan solusi untuk bertahan. Setiap individu akan diseleksi dengan tujuan untuk mendapatkan solusi terbaik dari generasi terburuk dengan menggunakan mekanisme seleksi seperti *roulette-wheel*. Kemudian individu-individu yang terpilih akan melakukan rekombinasi dengan melakukan *crossover* atau kawin silang individu yang lainnya sehingga terbentuk individu baru dengan kemungkinan *fitness* yang lebih baik. Pada gambar merupakan mekanisme *crossover* dimana pada kromosom induk dipotong oleh *crossover point* sehingga gen-gen pada tiap kromosom bertukar silang dan menghasilkan keturunan.



**Gambar 2. 22** Mekanisme *crossover genetic algorithm* (Kwong, 1996)

Ketika rekombinasi beroperasi terhadap dua atau lebih kromosom, mutasi lokal tetapi acak memodifikasi sebuah solusi dan juga akan terjadi bermacam-macam mutasi, tapi biasanya melibatkan satu atau lebih perubahan sifat individu. Mekanisme mutasi dapat dilihat pada gambar 2.20 dan 2.21, salah satu gen pada kromosom awal dimutasi sehingga menghasilkan kromosom baru.

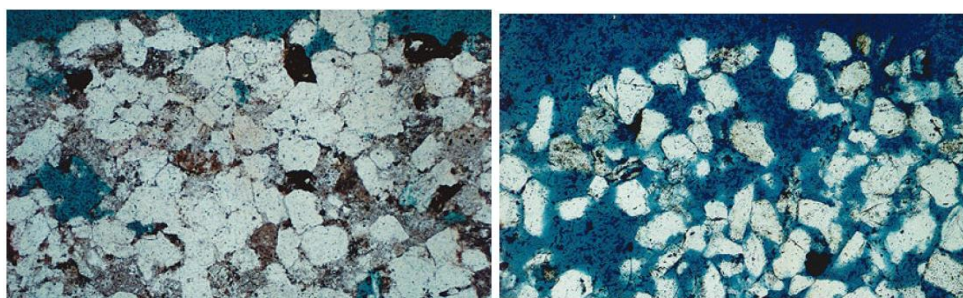


**Gambar 2. 23** Ilustrasi *genetic algorithm* (Mike, 2018)

Keturunan hasil dari seleksi, rekombinasi, dan mutasi akan menggantikan populasi induk. Hal ini akan berlangsung terus menerus hingga generasi terakhir (Kwong, 1996).

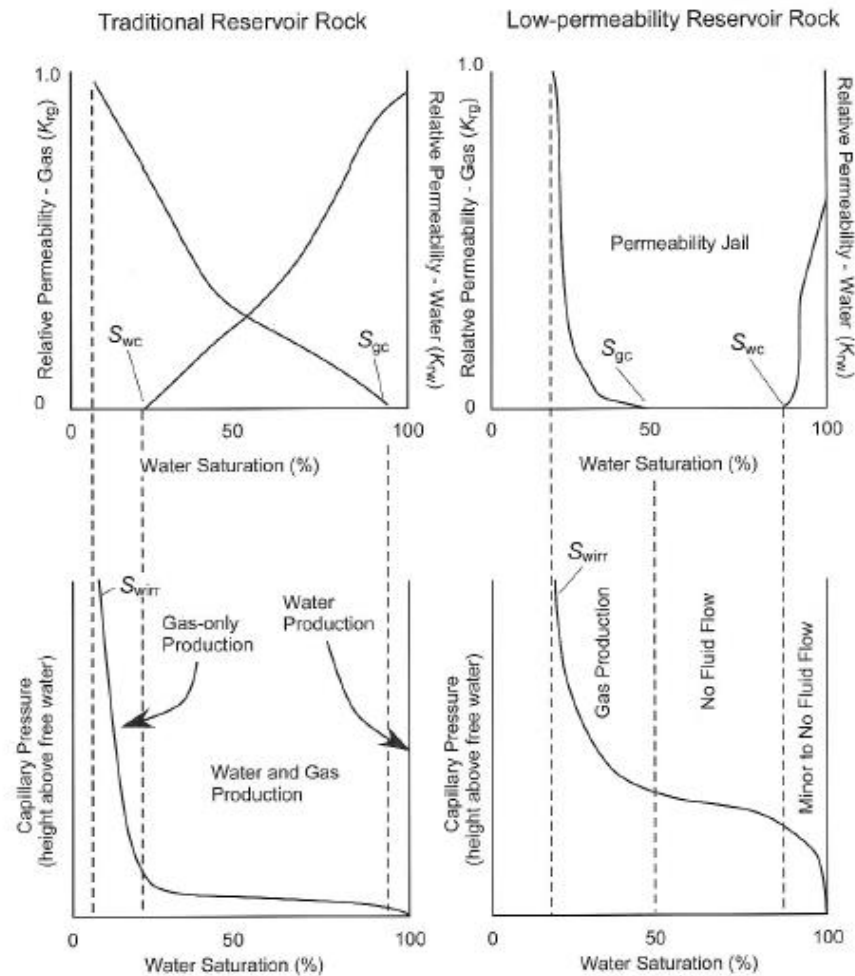
### 2.15 Tight Gas Reservoir

*Tight gas sandstone reservoir* adalah ekstensi alami dari *conventional reservoirs*, tetapi dengan permeabilitas yang lebih rendah dan porositas efektif yang umumnya lebih rendah. Hidrokarbon secara tradisional telah diproduksi dari *sandstone reservoir* dan karbonat dengan porositas dan permeabilitas tinggi. *Sandstone reservoirs* dengan permeabilitas lebih rendah dari 0.1 miliDarcy (mD) secara historis tidak ekonomis apabila diproduksi, tetapi kemajuan dalam teknologi stimulasi telah memungkinkan produksi dari jenis sumur ini. Perbandingan *conventional reservoir vs unconventional reservoir* dapat dilihat di gambar 2.22.



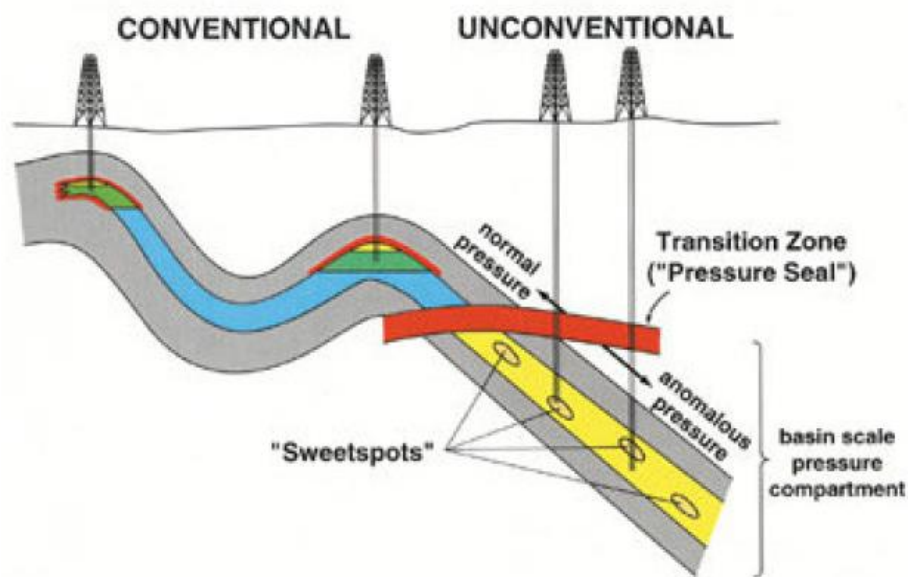
**Gambar 2. 24** *Reservoir rock conventional (kiri) vs unconventional / tight (kanan)* (Naik, 2003)

Ada beberapa sebutan untuk *tight gas sandstone reservoir*; seperti *deep-basin*, *basin-centered gas accumulation*, atau *pervasive sandstone reservoirs* (Meckel dan Thomasson, 2008). The United States Gas Policy Act of 1978 mengklasifikasikan *tight gas sandstone reservoir* memiliki permeabilitas in situ kurang dari 0.1 mD (Kazemi, 1982). Jadi, *reservoir* yang memiliki permeabilitas rata-rata lebih rendah dari 0,1 mD dikategorikan sebagai *tight gas play*, tanpa memerhatikan lingkungannya. *Reservoir* ini dapat terjadi dalam berbagai kondisi, termasuk *channelized fluvial systems* (Shanley dkk., 2011), *alluvial fans*, *delta fan*, *slope*, dan *submarine fan channels* (Wash dkk., 2015), atau *shelf margin* (Rushing dkk., 2008). Perbandingan *reservoir rock*, dapat dilihat di gambar 2.23.



**Gambar 2. 25** Perbandingan *traditional reservoir rock* vs *low – permeability reservoir rock* (Ishimwe, 2011)

Beberapa *tight gas sandstones* mengandung pengendapan yang berbeda; formasi Cotton Valley, misalnya, mengandung *stacked shoreface/ barrier bar deposits, tidal channel, tidal delta, inner shelf, and back-barrier deposits*. Karena lingkungannya yang bervariasi, tidak ada *tight gas reservoirs* yang persis (Holditch, 2006). Sementara teknik pengeboran, desain sumur, dll mirip dengan *shale gas reservoir*, tetapi untuk hal eksplorasi dan evaluasi sumber daya untuk mereka umumnya sangat berbeda (Kennedy dkk., 2012).

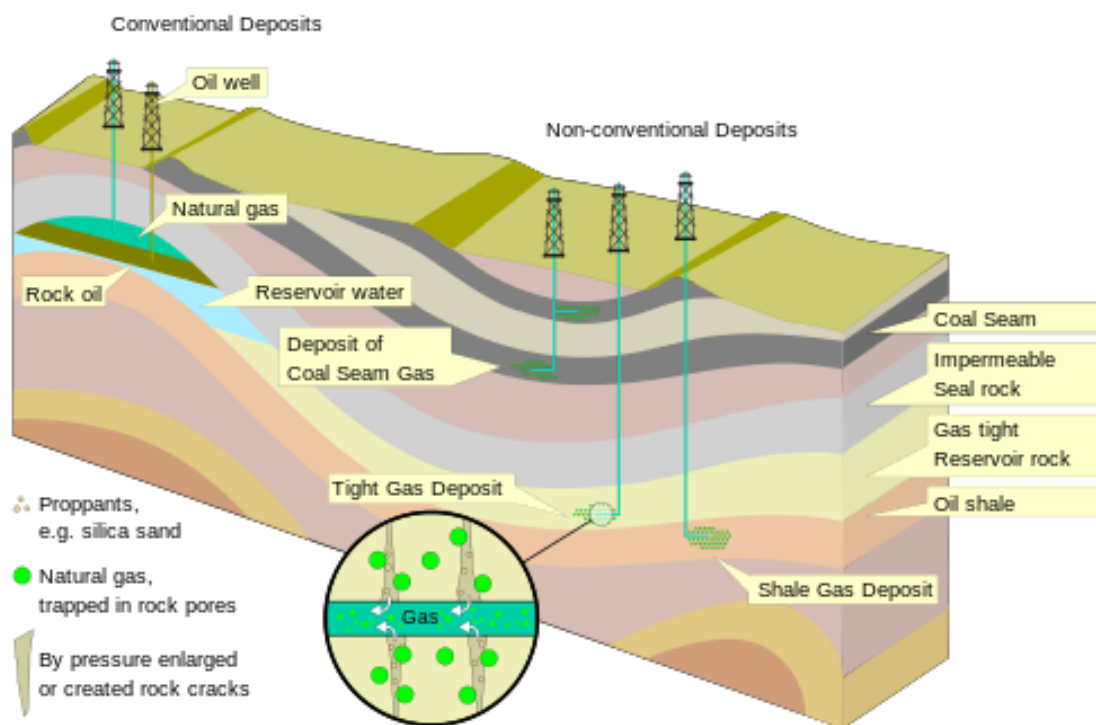


**Gambar 2. 26** *Basin – centered gas accumulation model* (Chakravarty, 2020)

Produksi *tight gas* pertama kali dikembangkan di San Juan Basin di Amerika Serikat bagian barat; pengembangan besar-besaran memiliki sejarah yang lebih panjang dari pengembangan *shale gas*. Ilustrasi *basin – centered gas* dapat dilihat di gambar 2.24. Sekitar 1 triliun kaki kubik *tight gas* (Tcf) diproduksi per tahun pada tahun 1970 di Amerika Serikat (Naik, 2003).

Meckel dan Thomasson (2008) membedakan tiga periode evolusi untuk evaluasi dan produksi *tight gas reservoir*: periode preparadigma (1920–1978), periode paradigma (1979–1987), dan periode pembersihan (1988 – sekarang). Periode paradigma ditandai oleh Master's article (1979), menyebutkan luas sumber daya hidrokarbon *tight gas*. Banyak cekungan yang mengandung gas di *tight sandstones* di Amerika Utara berada di tahap eksplorasi atau produksi, memainkan peran penting dalam persediaan energi Amerika Utara. Faktanya, ketika formasi klastik ditemukan di banyak bagian dunia, *tight sandstones gas* menjadi sumber daya penting di seluruh dunia. Rogner (1997) memperkirakan sumber *tight gas* di seluruh dunia menjadi sekitar 7500 Tcf, tetapi perkiraan lain memperkirakan jumlah yang jauh lebih besar (Naik, 2003). Sebagai perbandingan, sumber daya *shale gas* di seluruh dunia diperkirakan 16.100 Tcf (Rogner, 1997).

Proses EGR pada *tight gas reservoir*, yaitu pertama fluida gas CO<sub>2</sub> diinjeksi melalui *injection well* dengan parameter tekanan, temperatur dan *flow rate* yang ditentukan. Fluida akan mencapai kedalaman *reservoir* dan mencapai fase superkritikal. Setelah itu CO<sub>2</sub> akan menyapu minyak dan gas dalam *reservoir* menuju *production well*, dan mengangkatnya ke permukaan, dimana CO<sub>2</sub> akan di *recycle* kembali untuk diinjeksikan, sampai seluruh CO<sub>2</sub> yang tersisa, tersimpan di dalam reservoir. Ilustrasi *tight gas reservoir* dapat dilihat di gambar 2.25.



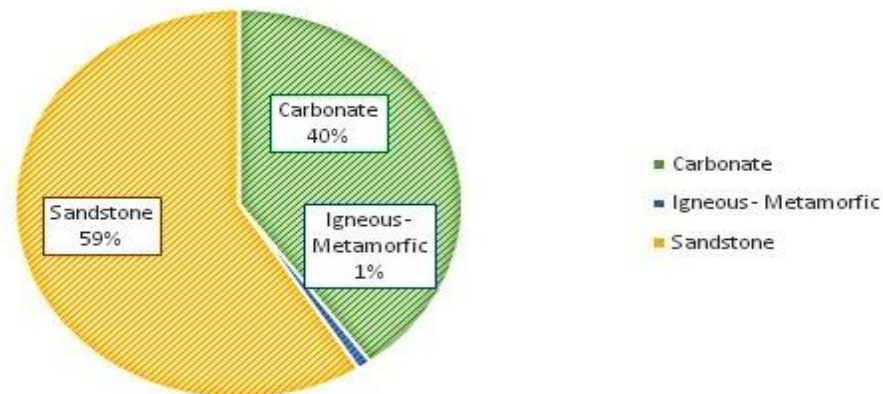
**Gambar 2. 27** *Tight gas reservoir* (Petropedia, 2018)

## 2.16 Reservoir Rocks

*Reservoir rocks* adalah batuan yang memiliki kemampuan untuk menyimpan cairan di dalam pori-pori mereka, sehingga cairan (air, minyak, dan gas) dapat terakumulasi. Dalam geologi minyak bumi, *reservoir* adalah salah satu elemen dari sistem minyak bumi yang dapat mengakumulasi hidrokarbon (minyak atau gas). *Reservoir rock* harus memiliki porositas dan permeabilitas yang baik untuk mengakumulasi dan mengeringkan minyak dalam jumlah ekonomis. Menurut

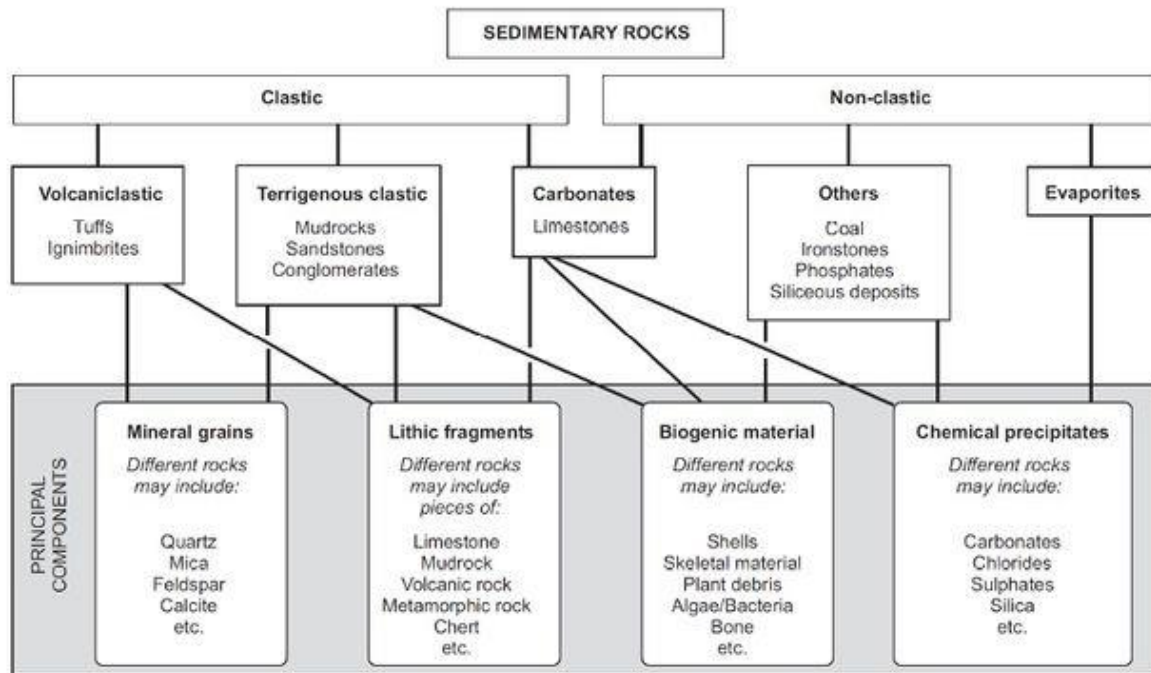


AAPG Wiki, ada beberapa jenis *reservoir rocks* di dunia, seperti *siliclastic reservoir*, *shallow and deep marine reservoir*, *lacustrine reservoir*, *eolian reservoir*, *fluvial reservoir*, *deltaic reservoir*, *carbonate reservoir*, *clastic limestone*, *dolomite* dan *afanitic limestone*.(Wiki, 2010). Dapat dilihat di gambar 2.26, bahwa batuan *sandstone* mendominasi tipe *reservoir rocks* di dunia.



**Gambar 2. 28** Persentase tipe *reservoir rocks* di dunia pada 1956 (AAPG, 2020)

Menurut *Society of Petroleum Engineers Glossary*, batuan *reservoir* adalah batuan yang mengandung porositas, permeabilitas, akumulasi hidrokarbon yang cukup dan mekanisme penyegelan untuk membentuk *reservoir* dari mana aliran hidrokarbon komersial dapat diproduksi. Porositas dan permeabilitas adalah sifat fisik terpenting batuan *reservoir*. Properti mendasar dari batuan *reservoir* di antara mereka adalah porositas. Namun, bagi para ahli eksplorasi, batuan *reservoir* yang efektif, properti batuan *reservoir* yang paling mendasar adalah permeabilitasnya. Keduanya adalah sifat-sifat geometris yang merupakan hasil dari perilaku litologis, struktural dan komposisi (komposisi). Menurut *connect.spe.org*, tipe *reservoir rocks* dibagi menjadi dua, yaitu *carbonate reservoir rocks* dan *sandstone reservoir rocks* (Ishimwe, 2011). Dapat dilihat ilustrasinya pada gambar 2.27

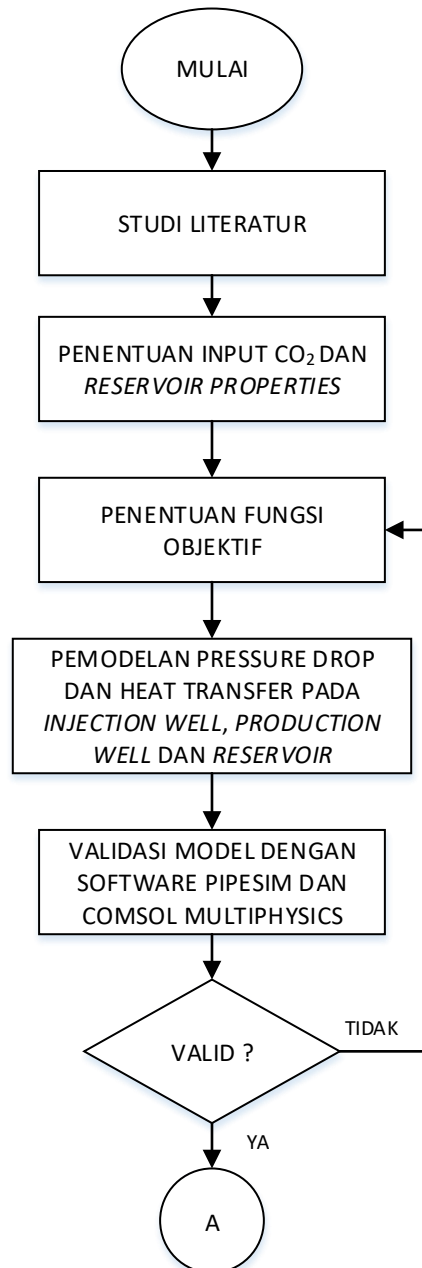


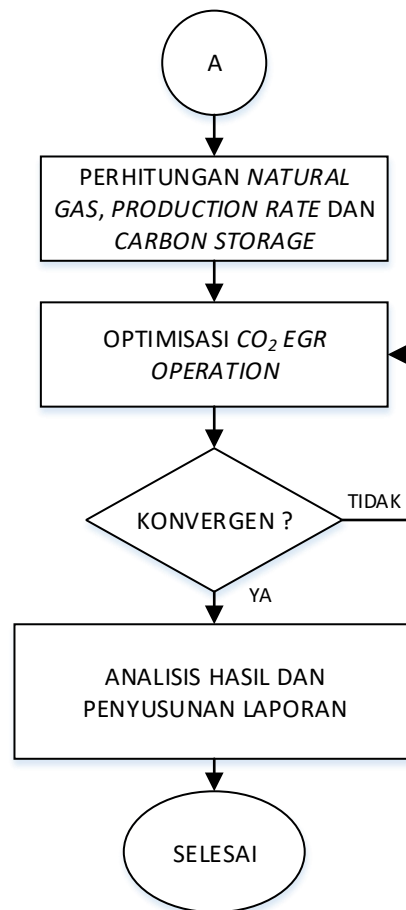
**Gambar 2. 29** Tipe batuan *reservoir* (Donatien, 2016)

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:





**Gambar 3. 1** Metodologi penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur yaitu mencari dasar teori yang relevan dan dapat mendukung berjalannya tugas akhir. Dasar teori yang dicari berhubungan dengan masing-masing bagian pada sumur gas yang diteliti. Di *injection well* dan *production well*, seperti bagaimana dasar teori mengenai metode Beggs – Brill, dan rumus perpindahan panas. Di *reservoir well* seperti bagaimana cara menghitung Darcy's law, perpindahan panas, permeabilitas dan porositas batuan. Selain itu dasar teori yang dicantumkan mengenai *enhanced gas recovery*,

Beberapa jenis *enhanced gas recovery*, kelebihan dan kekurangannya. Berhubungan dengan aliran karbondioksia di *reservoir*, Reynolds number merupakan nilai yang menentukan jenis aliran, serta persamaan kontinuitas. Selain itu, yang berhubungan dengan jenis batuan *reservoir*, dan karakteristiknya ada di subbab *reservoir rocks*. Lalu *tight gas reservoir*, menjelaskan mengenai ciri-ciri *unconventional reservoir* dan perbedaannya dengan *conventional reservoir*. Jenis-jenis *stochastic optimization algorithm* yang digunakan dalam penelitian, seperti PSO, KWA, RWA, DA dan GA.

### 3.2 Penentuan Input CO<sub>2</sub> EGR dan *Reservoir Properties*

Pada tugas akhir ini kondisi operasi injeksi CO<sub>2</sub> EGR berdasarkan data dari Morrow County, Ohio, USA. Kondisi tekanan injeksi sebesar 1071 psia dan laju aliran massa CO<sub>2</sub> injeksi sebesar 0,30443 kg/s. Sedangkan kondisi *reservoir natural gas* berdasarkan data kondisi lapangan gas Best, Ohio, USA yang berasal dari US Geological Survey. Dari data tersebut diketahui *reservoir* memiliki formasi batuan *clinton sandstones* dengan sejarah diagenesis kompleks yang telah melalui beberapa tahap sedimentasi, disolusi dan pertumbuhan kuarsa) dengan porositas sebesar 8,90% dan berada pada kedalaman 1700 m dibawah permukaan tanah. Reservoir tersebut memiliki permeabilitas sebesar 0,086 mD. Kondisi tekanan dan temperatur *reservoir* masing-masing sebesar 1628 psi dan 38,889 ° C (USGS, 1954).

Komposisi *natural gas* yang digunakan berdasarkan kondisi kandungan *natural gas* dari sumur gas Brown yang berlokasi di negara bagian Pennsylvania dimana memiliki karakteristik batuan, porositas, dan kedalaman sumur yang sama dengan lapangan *natural gas* Best. Dari data yang diperoleh dari US Geological Survey diketahui bahwa *reservoir* mengandung *natural gas* dengan gas kondensat. Komposisi *natural gas* dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3. 1** Komposisi *Natural Gas*

Senyawa	Rumus Senyawa	mol	%mol	Mr (g/mol)
<i>Methane</i>	CH <sub>4</sub>	94,36	0,94360	16,043
<i>Ethane</i>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,37	0,02370	30,070
<i>Propane</i>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,15	0,00150	44,097
<i>iso-butane</i>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,017	0,00017	58,124
<i>n-Butane</i>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,022	0,00022	58,124
<i>iso-Pentane</i>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,009	0,00009	72,151
<i>Hexane+</i>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,015	0,00015	86,178
<i>Helium</i>	He	0,087	0,00087	4,003
<i>Hydrogen</i>	H <sub>2</sub>	0,01	0,00010	2,016
<i>Nitrogen</i>	N <sub>2</sub>	2,92	0,02920	28,014
<i>Carbondioxide</i>	CO <sub>2</sub>	0,04	0,00040	44,009

### 3.3 Penentuan Fungsi Objektif

Penentuan fungsi objektif bertujuan untuk mengetahui tujuan dari optimisasi yang akan dilakukan. CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* bertujuan untuk memaksimalkan laju produksi *natural gas production well* sehingga *profit* dapat ditingkatkan. *Natural gas* yang dihasilkan harus sebanding dengan laju aliran CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan ke dalam *reservoir natural gas* melalui *injection well*. Namun, semakin banyak CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan pada tekanan tertentu membutuhkan energi yang semakin besar pula. Sehingga biaya operasional CO<sub>2</sub> EGR akan meningkat. Disisi lain, semakin besar laju injeksi CO<sub>2</sub> akan mengakibatkan CO<sub>2</sub> *breakthrough* berlangsung lebih cepat. Hal ini mengakibatkan menurunnya produksi gas dan CO<sub>2</sub> akan banyak masuk ke *production line* sehingga dibutuhkan biaya pemisahan CO<sub>2</sub> yang semakin besar dan mengurangi keuntungan dari proses CO<sub>2</sub> EGR. Maka dari itu, *profit* akan menjadi fungsi objektif yang akan di maksimalkan.

### 3.4 Pemodelan *Pressure Drop* dan *Heat Transfer* pada *Injection well*, *Production well* dan *Reservoir*

Pada CO<sub>2</sub> EGR, injeksi CO<sub>2</sub> pada *injection well* akan mengalami perubahan temperatur dan tekanan. Sementara itu, sifat dari fluida juga akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur dan tekanan yang terjadi. Sehingga itu perlu dilakukan penurunan sifat fluida melalui persamaan empiris dalam fungsi suhu. Pada *injection well* dan *production well* permodelan *pressure drop* menggunakan persamaan Beggs-Brill, sedangkan pada reservoir menggunakan persamaan Darcy. Permodelan *heat transfer* pada *injection well* dan *production well* sesuai dengan persamaan (2.17) Sedangkan pada reservoir sesuai dengan persamaan (2.21).

Kemudian dilakukan validasi dengan membandingkan hasil permodelan dengan hasil simulasi menggunakan *software* PIPESIM untuk *injection well* dan *production well* serta COMSOL untuk reservoir dengan target rata-rata *error* permodelan kurang dari lima persen (*mean error* < 5 %).

### 3.5 Perhitungan *Natural gas Production Rate* dan *Carbon Storage*

Laju produksi *natural gas* dihitung melalui nilai *additional recovery*, *cummulative production*, laju aliran massa dan lama waktu injeksi CO<sub>2</sub> EGR. Selain itu, besarnya *volume original gas in place* atau banyaknya *natural gas* yang terdapat dalam reservoir dipertimbangkan dalam proses perhitungan laju produksi *natural gas*. Hasil perhitungan laju produksi *natural gas* dapat diperoleh nilai pendapatan yang merupakan perkalian antara laju produksi *natural gas* terhadap harga jual *natural gas*.

$$P_t = V_{pd} \times P_o \quad (3.1)$$

$$V_{pd} = \frac{G_p}{t} \quad (3.2)$$

$$G_p = G \times \left(1 - \frac{p/z}{p_i/z_i}\right) \quad (3.3)$$

$$G = \frac{Ah \phi S_{gi}}{B_{gi}} \quad (3.4)$$

$$B_{gi} = 0.028793 \times \frac{p/z}{p_i/z_i} \quad (3.5)$$

$$S_{gi} = 0.0000005 \times fg^5 + 0.00004 \times fg^4 - 0.001 \times fg^2 + 0.0071 \times fg^2 + 0.0521 \times fg + 0.02623 \quad (3.6)$$

$$f_g = \frac{1}{(1+M)} \quad (3.7)$$

$$M = \frac{\mu_{ng}}{\mu_{mix}} \quad (3.8)$$

、

dengan:

- $P_t$  = pendapatan (USD/hari)  
 $V_{pd}$  = laju produksi total *natural gas* (Mmbtu/hari)  
 $P_o$  = harga jual total (USD/MMBtu)  
 $G_p$  = *cumulative production* (MMBtu)  
 $t$  = lama waktu injeksi CO<sub>2</sub> EGR (hari)  
 $p$  = tekanan (psia)  
 $G$  = *volume original gas in place* (MMCF)  
 $z$  = *gas deviation factor*  
 $A$  = luas permukaan *reservoir* (m<sup>2</sup>)  
 $h$  = *thickness* (m)  
 $\phi$  = porositas (%)  
 $B_{gi}$  = *initial gas formation volume factor* (L<sup>3</sup>/ std L<sup>3</sup>)  
 $S_{gi}$  = *gas saturation*  
 $M$  = *mobility ratio*  
 $f_g$  = *fractional gas flow*  
 $\mu_{ng}$  = viskositas *natural gas* (Kg/m.s)  
 $\mu_{mix}$  = viskositas campuran (Kg/m.s)



Untuk mendapatkan biaya pengadaan CO<sub>2</sub> maka didapatkan dari besar laju aliran massa CO<sub>2</sub> dan juga harga CO<sub>2</sub> per volume.

$$B_{CO_2} = V_{CO_2} + P_{CO_2} \quad (3.9)$$

dengan:

$B_R$  = biaya CO<sub>2</sub> (USD/hari)

$V_{CO_2}$  = volume CO<sub>2</sub> (MMBtu/hari)

$P_{CO_2}$  = harga CO<sub>2</sub> (USD/MMBtu/hr)

*Natural gas* yang terproduksi dan berada pada *production line* masih mengandung gas CO<sub>2</sub>, sehingga diperlukan adanya proses pemisahan gas CO<sub>2</sub> dari *natural gas*. Perhitungan biaya pemisahan CO<sub>2</sub> berdasarkan persamaan berikut.

$$B_R = V_{prod} + BR_{CO_2} \quad (3.10)$$

dengan:

$B_R$  = total biaya pemisahan CO<sub>2</sub> (USD/hari)

$V_{prod}$  = volume recovery CO<sub>2</sub> per hari (bbl/hari)

$BR_{CO_2}$  = biaya pemisahan CO<sub>2</sub> (USD/bbl)

Biaya operasional pompa CO<sub>2</sub> EGR merupakan biaya energi listrik yang dibutuhkan pompa untuk beroperasi selama waktu tertentu. Dalam perhitungan biaya operasional pompa dibutuhkan parameter *pressure drop* untuk mengetahui besar daya pompa yang dibutuhkan. *Pressure Drop* didapatkan dari perbedaan antara tekanan keluaran *production well* dengan tekanan injeksi pada *injection well*. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan biaya operasional pompa adalah sebagai berikut.

$$W_R = \frac{q \times \nabla P}{\eta} \quad (3.11)$$

$$B_{op} = W_p \times Y \times K \quad (3.12)$$

dengan:

$W_p$  = besar usaha pompa persatuan waktu / daya pompa (Watt)

$\Delta P$	= <i>pressure drop</i> (Pa)
$q$	= laju aliran massa fluida ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )
$\eta$	= efisiensi pompa (%)
$B_{op}$	= biaya operasional pompa (jam)
$Y$	= lama operasi pompa (jam)
$K$	= tarif dasar listrik (USD/kWh)

Banyaknya  $\text{CO}_2$  yang tersimpan dalam *reservoir* selama selang waktu tertentu dapat ditentukan dari perbandingan antara jumlah  $\text{CO}_2$  yang terbawa menuju *production line* dengan jumlah  $\text{CO}_2$  yang diinjeksikan ke dalam *reservoir*. Secara matematis dapat digunakan pada persamaan (3.13) berikut ini .

$$F_{\text{CO}_2} = \frac{Q_{\text{prodCO}_2}}{Q_{\text{injCO}_2}} \quad (3.13)$$

dengan:

$F_{\text{CO}_2}$	= $\text{CO}_2$ yang terimpan
$Q_{\text{prodCO}_2}$	= $\text{CO}_2$ yang terproduksi ( $\text{m}^3 / \text{day}$ )
$Q_{\text{injCO}_2}$	= $\text{CO}_2$ yang diinjeksi ( $\text{m}^3 / \text{day}$ )

Jika seluruh  $\text{CO}_2$  yang diinjeksikan tersimpan di dalam *reservoir* maka akan bernilai nol (0), sedangkan sebaliknya jika seluruh  $\text{CO}_2$  terbawa menuju ke *production line* maka akan bernilai 1.

### 3.6 Optimisasi $\text{CO}_2$ EGR Operation

Optimisasi dilakukan untuk mendapatkan kondisi operasi  $\text{CO}_2$  EGR yang paling optimal sehingga fungsi objektif dapat maksimal. Teknik optimisasi yang digunakan dengan menggunakan metode *stochastic algorithm* dengan beberapa macam algoritma yang digunakan yaitu *killer whale algorithm* (KWA), *duelist algorithm* (DA), *particle swarm optimization* (PSO), *rain water algorithm* (RWA), dan *genetic algorithm* (GA). Nilai yang dioptimisasi adalah laju aliran massa, temperatur dan tekanan injeksi  $\text{CO}_2$ . Apabila sudah konvergen, maka dilanjutkan

ke analisa data. Setiap algoritma memiliki parameternya masing-masing. Dalam *rain water algorithm* ada *population*, *position*, *search agent*. *Duelist algorithm* terdapat *fighting capabilities*, *champion percentage*, *learning probability*, *innovate probability*, *luck coefficient*, *first duelist luck coefficient*, *second duelist luck coefficient*, *iteration* dan *number of duelist / population*.

*Geneic algorithm* memiliki populasi, iterasi, elitism, probabilitas *crossover*, probabilitas mutase, jumlah bit. *Particle swarm optimization* terdapat maksimum iterasi, *population size*, *number of leader* (team). *Inertia weight*, *damping ratio*, *personal learning coefficient*, *global learning coefficient*, *leader influence coefficient*, *order of polynomial*. *Killer whale algorithm* memiliki populasi, iterasi, *elitism*, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, jumlah bit. *Particle swarm optimization* terdapat maksimum iterasi, *population size*, *number of leader* (team). *Inertia weight*, *damping ratio*, *personal learning coefficient*, *global learning coefficient*, *leader influence coefficient*, *order of polynomial*. Untuk kriteria optimum keberhasilan EOR adalah, bagaimana mencapai profit sebesar-besarnya dan tingkat CO<sub>2</sub> storage yang tinggi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan *Pressure Drop* dan *Temperature Gradient* pada *Injection well*

Di *injection well*, pemodelan untuk tekanan menggunakan metode Beggs-Brill, sementara untuk pemodelan gradien temperaturnya menggunakan persamaan perpindahan panas. Kondisi input injeksi untuk permodelan disesuaikan dengan kondisi di Morrow County, Ohio, USA. Kondisi input yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

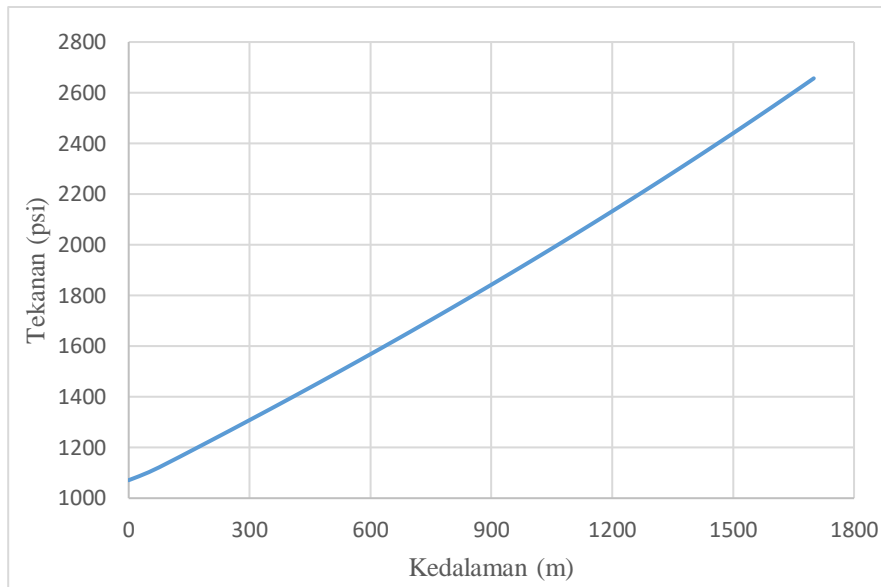
**Tabel 4. 1** Parameter Input untuk Permodelan Gradien Tekanan dan Temperatur

Parameter	Nilai	Satuan
Gravitasi	9,8	m/s <sup>2</sup>
Diameter aliran	0,127	m
Kedalaman sumur	1700	m
Tekanan injeksi	1071	Psi
Laju massa uap injeksi	0,30443	kg/s
Temperatur injeksi	31	°C
Tebal tubing	0,005385	m
<i>Absolute roughness</i>	0,0000675	m

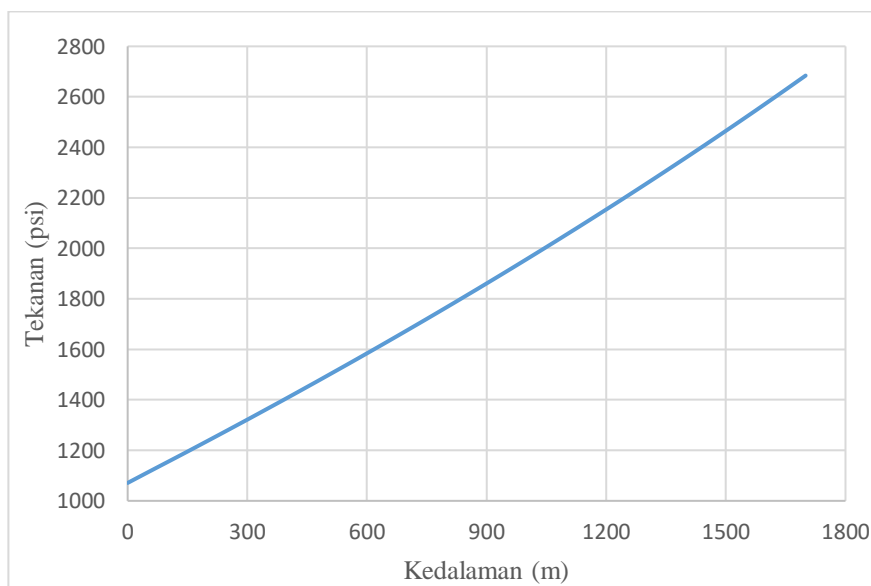
Hasil kurva tekanan dan temperatur terhadap fungsi elevasi kedalaman sumur dapat dilihat di gambar 4.1 dan 4.2. Dapat disimpulkan bahwa tekanan dan temperatur dari CO<sub>2</sub> mengalami kenaikan seiring bertambahnya kedalaman. Keadaan CO<sub>2</sub> dari awal injeksi hingga mencapai *reservoir* berada dalam fasa superkritikal. Karena temperatur CO<sub>2</sub> lebih rendah dibandingkan temperatur batuan sekitar, muncul gradien temperatur di sekeliling tubing *injection well* sehingga menyebabkan temperatur CO<sub>2</sub> injeksi meningkat.

Meningkatnya tekanan pada *injection well* diakibatkan oleh adanya gaya gravitasi yang dapat menyebabkan terjadinya kompreibilitas pada CO<sub>2</sub> injeksi

sehingga hal itu juga dapat menyebabkan temperatur CO<sub>2</sub> injeksi meningkat seiring peningkatan tekanan. Selain itu, berkurangnya energi potensial dari wellhead hingga *reservoir* menyebabkan adanya peningkatan entalpi dan dapat meningkatkan temperatur CO<sub>2</sub>.



**Gambar 4. 1** Kurva tekanan terhadap kedalaman pada *injection well*



**Gambar 4. 2** Kurva temperatur terhadap kedalaman pada *injection well*

Permodelan tekanan dan temperatur *injection well* untuk setiap kedalaman 50 meter divalidasi dengan *software* PIPESIM. Didapatkan hasil validasi dengan rata-rata *error* pada tekanan yaitu 0,756 % dan temperatur yaitu 0,04 %. Hasil validasi ditampilkan pada lampiran G. Nilai *error* tersebut dikarenakan perbedaan kapasitas pencacahan perhitungan antara model dengan simulasi *software*. Pada simulasi *software* perhitungan dilakukan hingga segmentasi yang terkecil yaitu 1 (satu) meter. Sedangkan dalam tugas akhir ini pencacahan atau segmentasi pada *injection well* dan *production well* dilakukan dengan ketelitian setiap segmen yaitu 50 meter. Sedangkan pada *reservoir* dilakukan dengan ketelitian setiap segmen yaitu 1 meter. Pencacahan yang semakin kecil tentunya menghasilkan perhitungan yang lebih akurat. Hal ini dikarenakan mekanika fluida yang berubah sesuai fungsi tekanan dan temperatur. Selain itu, properties fluida seperti massa jenis, viskositas, dan mass heat capacity yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan persamaan regresi yang didapatkan dari *software* simulasi PIPESIM dan COMSOL. Kemudian, properties *thermal conductivity* didapatkan dari simulasi *software* HYSYS. Sehingga, terjadi perbedaan nilai properties antara model dengan hasil simulasi. Properties tersebut mempengaruhi perhitungan nilai dari gradien tekanan dan temperatur yang dihasilkan.

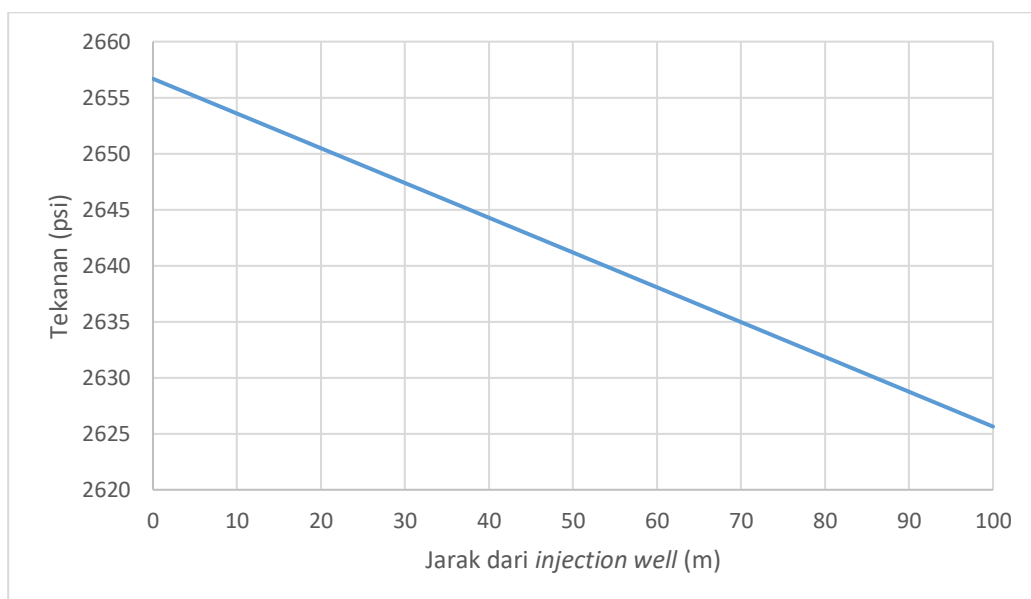
#### **4.2 Pemodelan Pressure Drop dan Temperature Gradient pada Reservoir**

Setelah melalui *injection well*, CO<sub>2</sub> kemudian akan masuk ke dalam *reservoir* dan mendorong *natural gas* yang ada di formasi batuan *reservoir*. Gradien tekanan dan temperatur pada *reservoir* dimodelkan dengan menggunakan persamaan Darcy dan persamaan perpindahan panas. Dalam penelitian ini *reservoir* dimodelkan berbentuk silinder dengan diameter silinder merupakan tebal formasi *reservoir* sesuai dengan data studi kasus sedangkan temperatur silinder merupakan temperatur dari *reservoir* yaitu dari *injection well* hingga *production well*. Karakteristik *reservoir* yang digunakan sebagai input untuk persamaan Darcy dan persamaan perpindahan panas untuk *reservoir* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

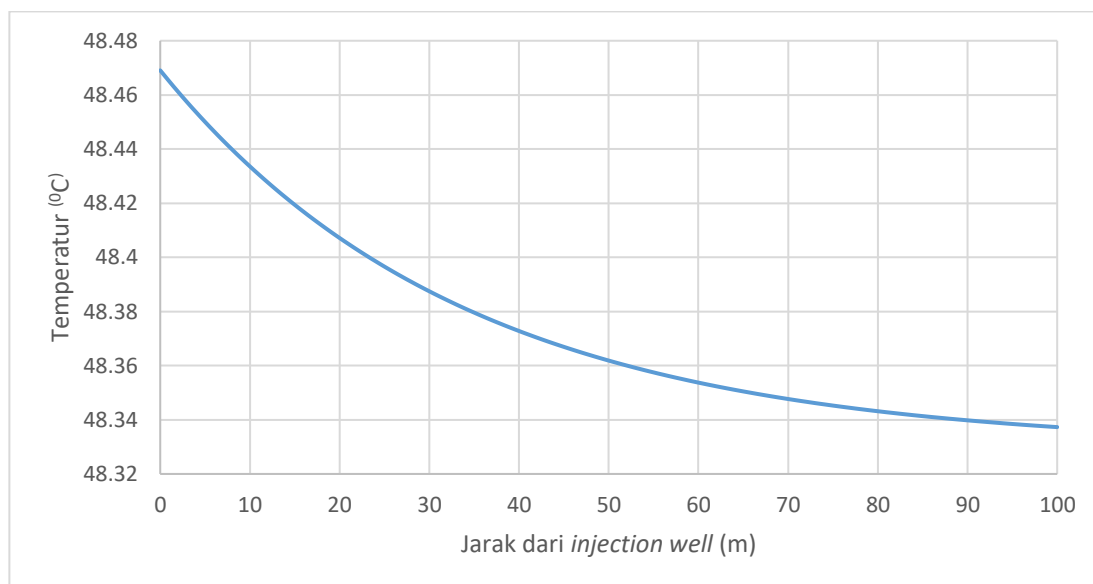
**Tabel 4. 2** Tabel Parameter Input Pemodelan pada Reservoir

Parameter	Nilai	Satuan
Jarak <i>injection – production well</i>	100	m
Tekanan reservoir	1628	psia
Temperatur reservoir	38,889	<sup>0</sup> C
Tebal formasi	12,192	m
Permeabilitas	0,086	mD
Porositas	0,089	-

Tekanan pada CO<sub>2</sub> dan *natural gas* yang melewati batuan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jarak dari *injection well* hal ini dikarenakan terjadinya *pressure drop* saat melewati struktur batuan. Besar kecilnya *pressure drop* ini sangat ditentukan oleh permeabilitas batuan. Sementara temperatur juga mengalami penurunan namun cenderung tidak mengalami perubahan dikarenakan saat memasuki *reservoir* CO<sub>2</sub> memiliki temperatur sama dengan temperatur *reservoir*. Kurva tekanan dan temperatur pada *reservoir* masing-masing ditampilkan pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.

**Gambar 4. 3** Kurva tekanan pada *reservoir*





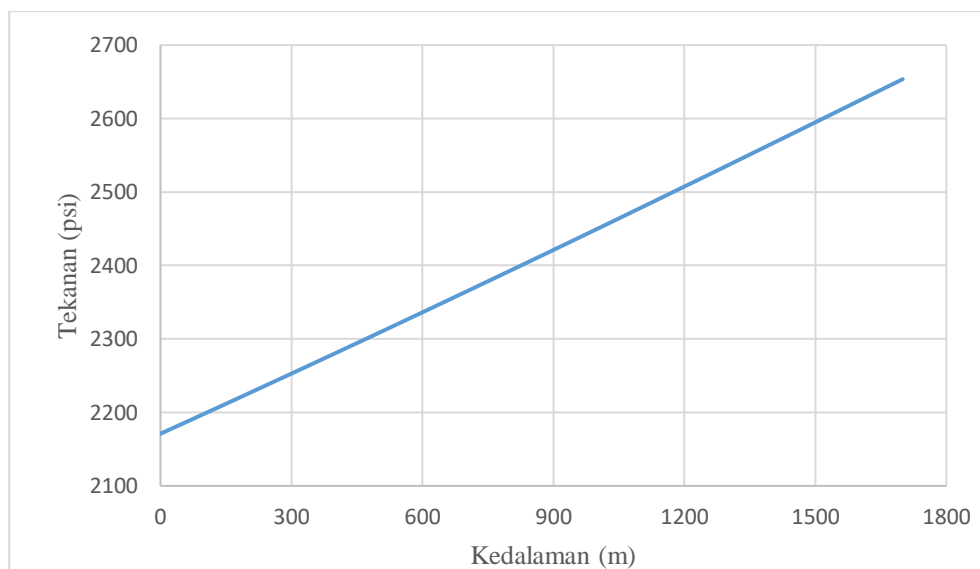
**Gambar 4. 4** Kurva temperatur pada *reservoir*

Pada permodelan *reservoir* pencacahan dilakukan dengan ketelitian 1 meter. Dengan pencacahan yang lebih kecil, mengakibatkan perhitungan dalam model Darcy lebih akurat. Hasil permodelan telah divalidasi dengan hasil rata-rata error pada tekanan yaitu 0,124 % dan temperatur yaitu 0,023 %. Terhadap hasil simulasi COMSOL. Hasil validasi dapat dilihat pada lampiran H.

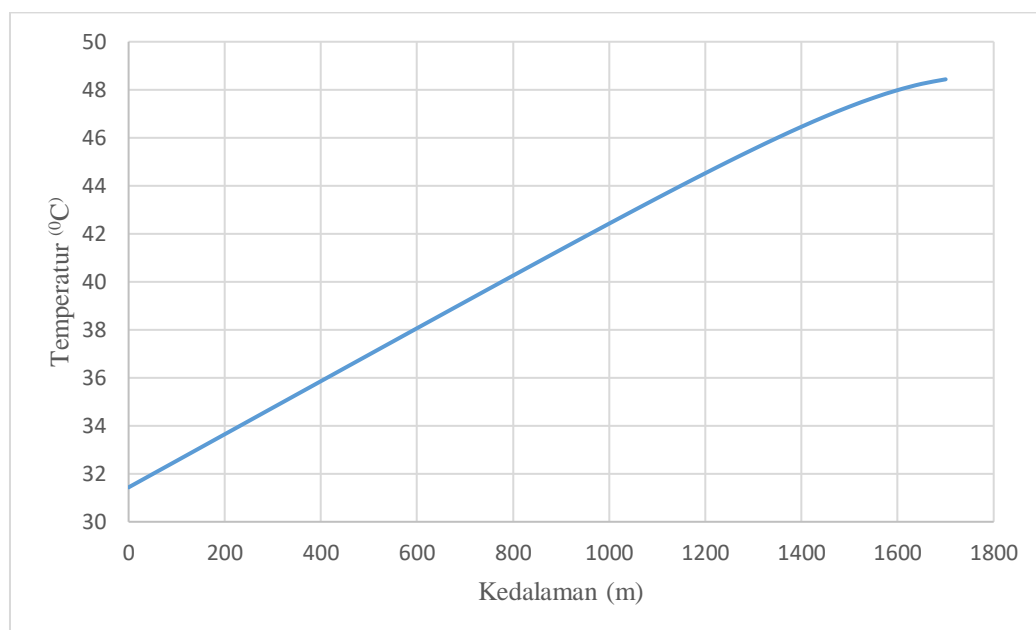
#### **4.3 Permodelan *Pressure Drop* dan *Temperature Gradient* pada *Production Well***

Permodelan tekanan pada *production well* menggunakan metode Beggs-Brill sedangkan permodelan temperatur menggunakan persamaan perpindahan panas. Kondisi input untuk permodelan berdasarkan karakteristik tekanan dan temperatur hasil dari permodelan *reservoir*. Hasil kurva tekanan dan temperatur pada *production well* terhadap fungsi kedalaman sumur dinyatakan dalam Gambar 4.5 dan 4.6. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa tekanan dan temperatur *natural gas* produksi mengalami penurunan seiring dengan mendekatnya ke permukaan bumi.

Adanya gradien temperatur batuan di sekeliling tubing *production well* memberikan input panas pada *natural gas* hal ini mengakibatkan temperatur dari *natural gas* akan mengalami penurunan dikarenakan seiring dengan bertambah jarak dari *reservoir* maka formasi batuan yang berada di sekeliling tubing *production well* mengalami penurunan. Tekanan *natural gas* mengalami penurunan dikarenakan melawan gaya gravitasi dan adanya rugi gesekan. Dengan menurunnya tekanan juga mengakibatkan temperatur *natural gas* mengalami penurunan. Setelah dilakukan validasi dengan membandingkan dengan hasil simulasi perangkat lunak PIPESIM didapatkan rata-rata *error* pada tekanan yaitu 0,721 % dan temperatur yaitu 0.9 %. Hasil validasi ditampilkan pada lampiran I.



**Gambar 4. 5** Kurva tekanan pada *production well*



**Gambar 4. 6** Kurva temperatur pada *production well*

#### **4.4 Hasil Perhitungan *Natural gas Recovery, Production Rate, Biaya Pemisahan CO<sub>2</sub>, Biaya Operasional***

Volume *natural gas* yang tersimpan dalam *reservoir* atau *original gas in place* (OGIP) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.4), dengan parameter sesuai dengan kondisi awal *reservoir* didapatkan nilai OGIP sebesar 5110,973 m<sup>3</sup> atau sebesar 0,18 MMCF *natural gas*. Dengan menggunakan persamaan (3.3) diperoleh nilai *gas recovery* adalah sebesar 89,055% dari OGIP sehingga diperoleh *natural gas* yang akan diproduksi (*cumulative production*) adalah sebesar 4551,586 m<sup>3</sup> atau sebesar 0,16 MMCF *natural gas*. Adanya injeksi CO<sub>2</sub> dengan kondisi operasi laju aliran massa injeksi 0,304 kg/s, temperatur 31°C dan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> 1071 psia dapat memberikan laju produksi gas *natural gas* sebesar 27,293 m<sup>3</sup>/hari. Karakteristik dari *reservoir* yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini memiliki jenis *wet gas reservoir* dimana *natural gas* yang terkandung pada *reservoir* terdiri atas gas metana (CH<sub>4</sub>) dan gas kondensat. Gas kondensat merupakan campuran berdensitas rendah yang merupakan komponen gas alam selain CH<sub>4</sub>. Setelah dilakukan injeksi CO<sub>2</sub> komposisi fluida akan berubah menjadi seperti berikut.

**Tabel 4. 3** Komposisi Natural Gas setelah Dilakukan Injeksi

Komponen	n	%nt	Mr (g/mol)
<i>Methane</i>	0,6829	68,29015	16,043
<i>Ethane</i>	0,01715217	1,71522	30,07
<i>Propane</i>	0,00108558	0,1085583	44,097
<i>Isobutane</i>	0,000123032	0,01230327	58,124
<i>Butane</i>	0,000159218	0,01592188	58,124
<i>Isopentane</i>	6,51E-05	0,006513495	72,151
<i>Hexane</i>	0,000108558	0,01085583	86,178
<i>Hydrogen</i>	7,24E-05	0,007237217	4,003
<i>Helium</i>	0,000629637	0,06296379	2,016
<i>Nitrogen</i>	0,02113263	2,113267	28,014
<i>Carbon Dioxide</i>	0,2765694	27,65701	44,009

Hasil komposisi pada tabel 4.3 merupakan hasil simulasi pencampuran dengan menggunakan *software* HYSYS. Apabila dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan matematis didapatkan nilai fraksi untuk *natural gas* sebesar 72,3% dan CO<sub>2</sub> sebesar 27,7% dimana nilai fraksi tersebut sama dengan hasil simulasi pada *software* HYSYS. Sehingga produksi *natural gas* yang dihasilkan memiliki fraksi 68,29% CH<sub>4</sub> dan 31,71% gas kondensat. Dengan laju produksi total *natural gas* sebesar 52,403 m<sup>3</sup>/hari maka laju produksi CH<sub>4</sub> dan gas kondensat adalah masing-masing sebesar 27,292 m<sup>3</sup>/hari dan 12,673 m<sup>3</sup>/hari atau apabila dikonversi ke dalam satuan lain menjadi 0,96 MMBtu/hari dan 74,530 bbl/hari.

Pendapatan merupakan hasil penjualan *natural gas* per hari dan dinyatakan dalam persamaan (3.1). Kondisi harga pasar *natural gas* per tanggal 12 Mei 2020 berdasarkan data NYMEX dan NGX untuk CH<sub>4</sub> jenis Henry Hub mempunyai harga 1,93 USD/MMBtu, sedangkan gas kondensat jenis EDMONTON *Condensate* mempunyai harga 52,830 USD/bbl. Dengan laju produksi CH<sub>4</sub> dan gas kondensat adalah masing-masing 1,266 MMBtu/hari dan 74,530 bbl/hari didapatkan pendapatan per hari masing-masing sebesar 1,864 USD/hari dan 3937,445 USD/hari.

Biaya pengadaan CO<sub>2</sub> bergantung pada laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub>, semakin besar laju injeksi maka jumlah CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan akan semakin banyak sehingga akan meningkatkan biaya pengadaan CO<sub>2</sub>. Perhitungan biaya pengadaan CO<sub>2</sub> berdasarkan pada persamaan (3.9). Dengan harga per ton CO<sub>2</sub> (per April 2020) adalah sebesar USD 20,222 dan laju massa injeksi per harinya adalah 26,3 ton/hari maka biaya pengadaan CO<sub>2</sub> per harinya adalah sebesar 531,789 USD/hari. Volume CO<sub>2</sub> yang terbawa ke *production line* adalah sebesar 40,45 % dari total *natural gas* yang terproduksi atau sebesar 11,053 m<sup>3</sup>/hari. Apabila dikonversikan ke dalam satuan massa maka CO<sub>2</sub> yang terproduksi adalah sebesar 8,755 ton/hari. Dengan biaya pemisahan gas CO<sub>2</sub> sebesar 20 USD/ton maka total biaya proses pemisahan CO<sub>2</sub> per hari nya adalah sebesar USD 175,102.

Biaya operasional pompa yang digunakan pada proses injeksi CO<sub>2</sub> dapat dihitung dari energi listrik yang digunakan pompa selama beroperasi. Energi listrik bergantung pada daya pompa yang dibutuhkan untuk menghasilkan tekanan injeksi yang sesuai. Perhitungan biaya operasional pompa menggunakan hasil permodelan *pressure drop* dari *injection well* hingga *production well*, dimana perbedaan tekanan akan mempengaruhi daya pompa yang dihasilkan. Harga listrik di US per Mei 2020 di Ohio, USA sebesar 0.06 USD/Kwh, sehingga dengan persamaan (3.12) didapatkan biaya operasional pompa adalah 126,809 USD/hari. Sehingga setelah perhitungan pendapatan dan biaya didapatkan maka *profit* dapat ditentukan. *Profit* dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4. 4** Perhtungan Biaya CO<sub>2</sub> EGR dan *Carbon Sequestration*

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan CH <sub>4</sub>	1,864	USD/hari
Pendapatan gas kondensat	3937,445	USD/hari
Biaya pengadaan CO <sub>2</sub>	531,789	USD/hari
Biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	175,102	USD/hari
Biaya operasional pompa	126,809	USD/hari
<i>Profit</i>	3105,608	USD/hari

#### 4.5 CO<sub>2</sub> Sequestration

Temperatur dan tekanan kritis dari CO<sub>2</sub> adalah masing-masing sebesar 31°C dan 1070 psia. Ketika CO<sub>2</sub> melewati titik kritis tersebut maka CO<sub>2</sub> akan berubah fasanya menjadi *supercritical* CO<sub>2</sub> dimana tidak ada perbedaan antara *liquid* dan *vapour* dan CO<sub>2</sub> berlaku seperti gas yang dapat mampat yang mengisi dan membentuk sesuai dengan wadahnya namun mempunyai densitas seperti liquid [2]. Densitas dan viskositas dari *supercritical* CO<sub>2</sub> berubah sesuai dengan fungsi temperatur dan tekanan. Pada kedalaman 800-850 meter dibawah tanah, temperatur dan tekanan dari formasi batuan sudah dapat merubah CO<sub>2</sub> ke dalam fasa *supercritical* [3]. Pada tugas akhir ini model CO<sub>2</sub> yang memasuki *reservoir* pada kedalaman 1700 m telah berubah fasa menjadi *supercritical*. Dikarenakan di *reservoir* terdapat *natural gas* maka CO<sub>2</sub> *supercritical* dapat bercampur dengan *natural gas* tersebut. Hal tersebut yang seharusnya dihindari dikarenakan dapat menurunkan produksi *natural gas recovery* dan juga mengurangi jumlah CO<sub>2</sub> yang tersimpan dalam *reservoir*.

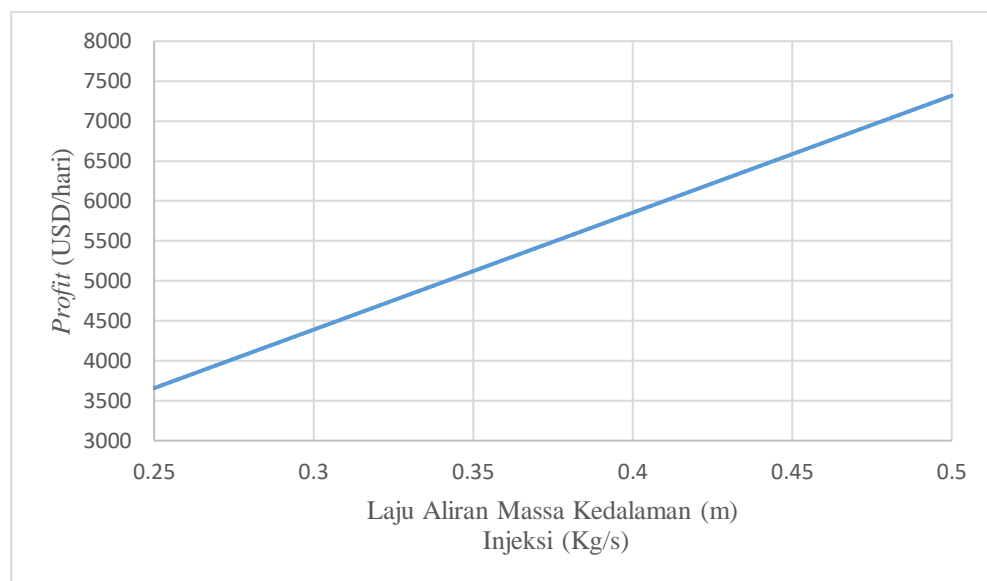
Hasil perhitungan dan simulasi pencampuran dengan menggunakan *software* HYSYS didapatkan nilai fraksi setelah terjadi pencampuran adalah untuk *natural gas* sebesar 72,3% dan CO<sub>2</sub> sebesar 27,7%. Hasil tersebut menunjukkan terjadi peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam *natural gas* yang semula hanya 0,04%. Perhitungan CO<sub>2</sub> yang terserap dan tersimpan dalam *reservoir* menggunakan persamaan (3.13), didapatkan nilai CO<sub>2</sub> yang terserap 0,246 atau 75,370% dari CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan. Nilai tersebut menghasilkan jumlah penyimpanan CO<sub>2</sub> per harinya adalah sebesar 19.82 ton/hari. Jumlah total CO<sub>2</sub> yang tersimpan selama proses EGR dan *carbon sequestration* bergantung pada lama waktu operasi injeksi CO<sub>2</sub>. Tabel 4.5 menunjukkan jumlah CO<sub>2</sub> yang dapat tersimpan selama selang waktu tertentu.

**Tabel 4. 5** Jumlah CO<sub>2</sub> yang Tersimpan dalam Satuan Waktu

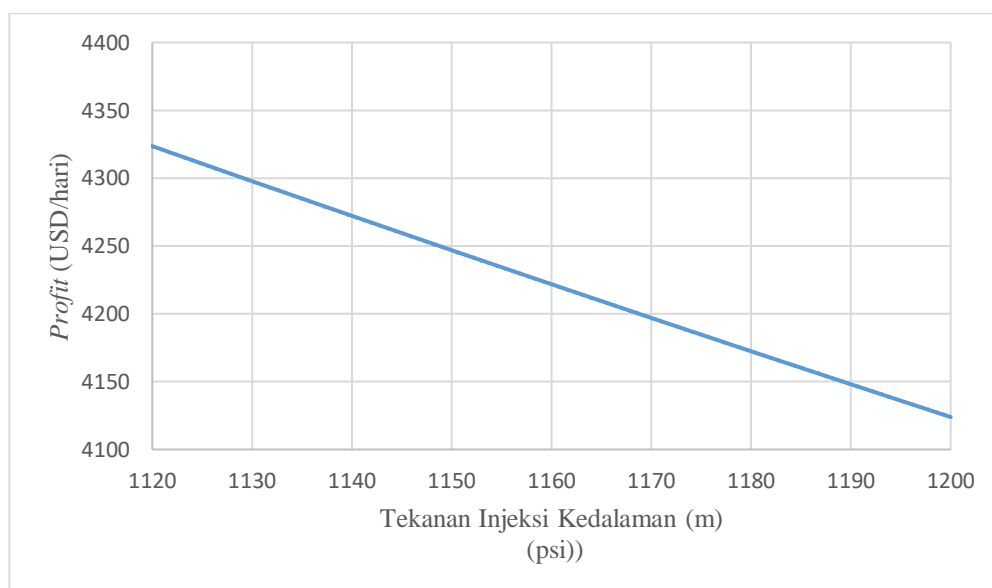
Jumlah Hari	CO <sub>2</sub> Tersimpan (ton)
10	198,224
30	594,673
50	991,122
70	1387,571
90	1784,020

#### 4.6 Analisis Sensitifitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan salah satu variabel yang dioptimisasi (tekanan, temperatur dan laju aliran injeksi CO<sub>2</sub>) terhadap nilai *objective function (profit)*. Pada gambar 4.7 menampilkan kurva analisis sensitivitas perubahan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> terhadap *profit*. Kenaikan laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub> dengan temperatur dan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> yang konstan akan meningkatkan *profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* secara linier. Hal tersebut dikarenakan semakin besar CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan ke dalam *reservoir* akan meningkatkan *natural gas* yang diproduksi walaupun biaya pengadaan, pemisahan CO<sub>2</sub> dan operasional pompa juga akan meningkat.

**Gambar 4. 7** Kurva analisis sensitifitas perubahan laju aliran massa injeksi

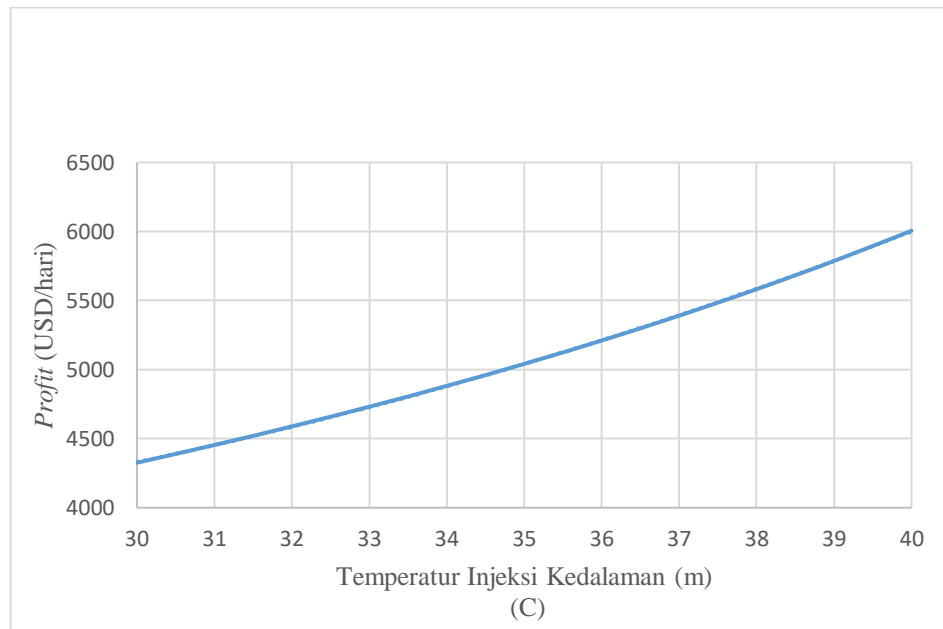
Analisis sensitifitas untuk perubahan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> dengan laju aliran massa dan temperatur injeksi CO<sub>2</sub> yang tetap ditampilkan pada gambar 4.8. Pada kurva tersebut terlihat bahwa kenaikan nilai tekanan injeksi CO<sub>2</sub> akan menurunkan *profit* yang didapatkan. Hal tersebut dikarenakan peningkatan tekanan injeksi justru akan menurunkan produksi *natural gas* sedangkan biaya operasional pompa meningkat.



**Gambar 4. 8** Kurva Analisis sensitifitas perubahan tekanan injeksi

Sedangkan analisis sensitifitas perubahan temperatur injeksi CO<sub>2</sub> dengan laju aliran massa dan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> yang tetap akan meningkatkan *profit* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7 dan gambar 4.8. Peningkatan temperatur injeksi akan meningkatkan *natural gas* yang diproduksi dan juga menurunkan biaya operasional pompa seperti pada gambar 4.9.





**Gambar 4. 9** Kurva analisis sensitifitas perubahan temperatur injeksi

Dari beberapa hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa laju aliran massa dan temperatur yang tinggi akan meningkatkan *profit*. Dibandingkan dengan temperatur, perubahan laju aliran massa menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap laju produksi *natural gas*. Namun, untuk mendapatkan laju aliran massa yang tinggi diperlukan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> yang tinggi. Sedangkan, tekanan injeksi yang tinggi akan menurunkan *profit* dikarenakan menurunkan laju produksi *natural gas* dan juga meningkatkan biaya operasi pompa. Sehingga diperlukan penentuan kombinasi variabel laju aliran massa, temperatur dan tekanan injeksi CO<sub>2</sub> yang tepat agar *profit* yang diperoleh dapat maksimal. Dengan menggunakan teknik optimisasi dengan metode stokastik akan diperoleh variabel-variabel yang optimum.

#### 4.7 Teknik Optimisasi

Optimisasi dilakukan untuk mencari nilai variabel optimisasi dari proses EGR dan *carbon sequestration* yaitu tekanan, temperatur, dan laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub> yang paling optimum. Dengan didapatkannya nilai variabel optimisasi yang optimum maka proses EGR dan *carbon sequestration* akan berlangsung optimal

sehingga fungsi objektif yaitu *profit* akan maksimal. *Profit* merupakan jumlah dari pendapatan dan biaya operasi injeksi CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* yang meliputi biaya pengadaan dan pemisahan CO<sub>2</sub> serta biaya operasional pompa. *Constraint* yang digunakan pada optimisasi ini adalah tekanan *production well head* lebih dari sama dengan 1071 psia. Teknik optimisasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *stochastic algorithms* dikarenakan dapat mencari *global optimum* diantara *local optimum* yang ada pada model tugas akhir ini. Teknik optimisasi *stochastic algorithm* yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa jenis yaitu *killer whale algorithm (KWA)*, *duelist algorithm (DA)*, *genetic algorithm (GA)*, *rain water algorithm (RWA)*, dan *particle swarm optimization (PSO)*. Berdasarkan hasil optimisasi diperoleh hasil terbaik dari setiap jenis teknik optimisasi yang dapat dilihat pada tabel 4.6 untuk hasil variabel yang dioptimisasi.

**Tabel 4. 6** Variabel-Variabel Optimal Hasil Optimisasi

Variabel Optimisasi	Teknik Optimisasi				
	KWA	DA	GA	RWA	PSO
Tekanan Injeksi (psia)	1071	1071	1071	1178,3	1071
Temperatur Injeksi ( <sup>0</sup> C)	40	39,889	40	39,528	40
Laju Aliran Massa Injeksi (kg/s)	0,625	0,620	0,625	0,602	0,625

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa terdapat tiga teknik optimisasi yang menghasilkan variabel optimum yang sama yaitu KWA, DA dan GA. Hasil perhitungan pendapatan, biaya pengadaan CO<sub>2</sub>, biaya pemisahan CO<sub>2</sub>, biaya operasional pompa dan *net profit* pada setiap teknik optimisasi berdasarkan hasil variabel yang dioptimisasi dapat dilihat pada Tabel 4.7 hingga 4.9 berikut:

**Tabel 4.7** Perhitungan *Profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *Carbon Sequestration* setelah Dioptimisasi dengan KWA, GA dan PSO

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan CH <sub>4</sub>	5,017	USD/Hari
Pendapatan gas kondensat	10600,185	USD/Hari
Biaya pembelian CO <sub>2</sub>	1091,880	USD/Hari
Biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	465,629	USD/Hari
Biaya operasional pompa	332,254	USD/Hari
<i>Profit</i>	8715,439	USD/Hari

**Tabel 4.8** Perhitungan *Profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *Carbon Sequestration* setelah Dioptimisasi dengan DA

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan CH <sub>4</sub>	4,958	USD/Hari
Pendapatan gas kondensat	10475,180	USD/Hari
Biaya pembelian CO <sub>2</sub>	1083,145	USD/Hari
Biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	460,211	USD/Hari
Biaya operasional pompa	328,459	USD/Hari
<i>Profit</i>	8608,323	USD/Hari

**Tabel 4.9** Perhitungan *Profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *Carbon Sequestration* setelah Dioptimisasi dengan RWA

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan CH <sub>4</sub>	4,446	USD/Hari
Pendapatan gas kondensat	9393,630	USD/Hari
Biaya pembelian CO <sub>2</sub>	1051,699	USD/Hari
Biaya pemisahan CO <sub>2</sub>	446,392	USD/Hari
Biaya operasional pompa	329,267	USD/Hari
<i>Profit</i>	7570,718	USD/Hari

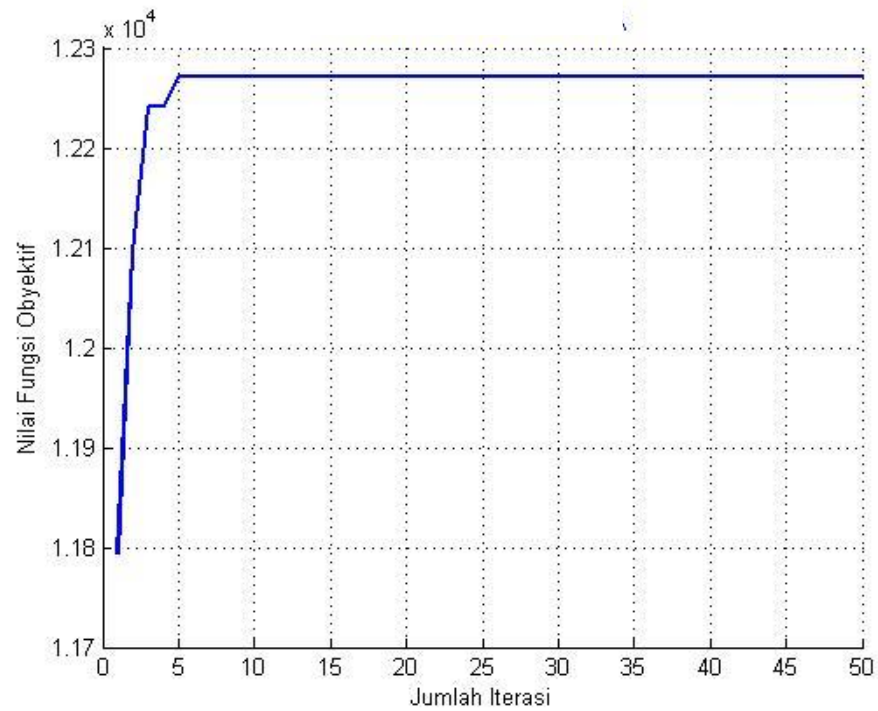
Hasil optimisasi dari setiap jenis teknik optimisasi dibandingkan untuk diketahui teknik optimisasi yang dapat memperoleh hasil paling optimum terhadap nilai *objective function*. Tabel 4.10 menunjukkan hasil nilai *profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* setelah dioptimasi dari setiap jenis teknik optimisasi.

**Tabel 4.10** Hasil *Profit* CO<sub>2</sub> EGR dan *Carbon Sequestration* setelah Dioptimisasi

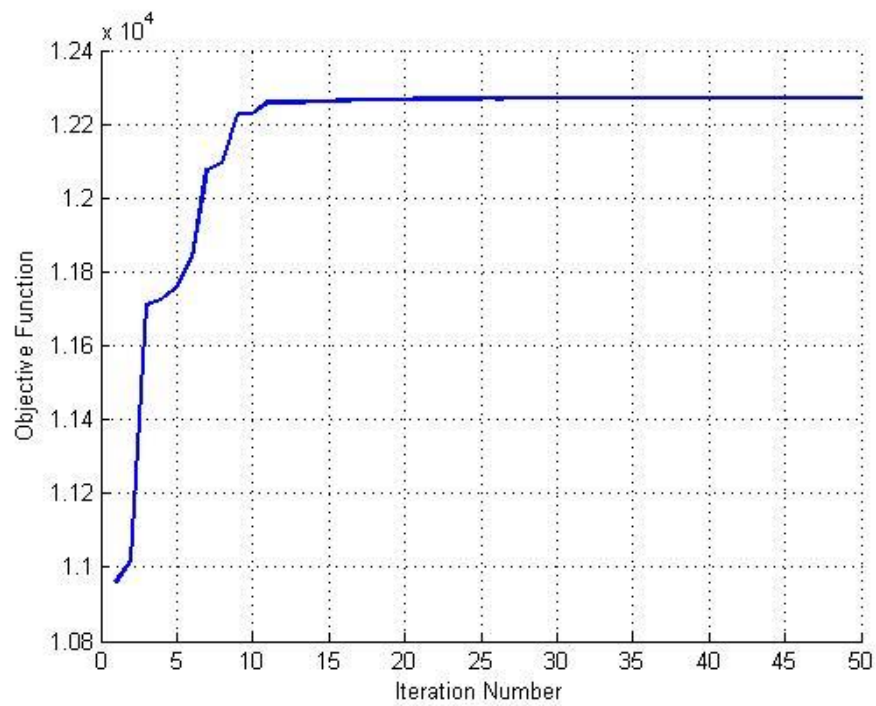
<b>Teknik Optimisasi</b>	<b><i>Profit</i></b>	<b>Satuan</b>	<b>Peningkatan (%)</b>
KWA	8715,439	USD/hari	180,64
DA	8608,323	USD/hari	177,19
GA	8715,439	USD/hari	180,64
RWA	7570,718	USD/hari	143,78
PSO	8715,439	USD/hari	180,64

Berdasarkan hasil *profit* setiap jenis teknik optimisasi diperoleh hasil optimisasi terbaik adalah menggunakan teknik optimisasi KWA, DA dan PSO. Proses optimisasi KWA, DA dan PSO menghasilkan *profit* yang sama dikarenakan variabel optimum yang dihasilkan juga sama. Ketiga teknik optimisasi tersebut menghasilkan *profit* sebesar 8715,4 USD/hari atau mengalami peningkatan *profit* sebesar 180,64 %, Dibandingkan sebelum dilakukan optimisasi yang hanya dapat memberikan *profit* sebesar 3105,608 USD/hari, sedangkan optimisasi DA dan RWA menghasilkan nilai *profit* yang lebih rendah dengan peningkatan 177,19 % untuk DA dan 143,78 % untuk RWA.

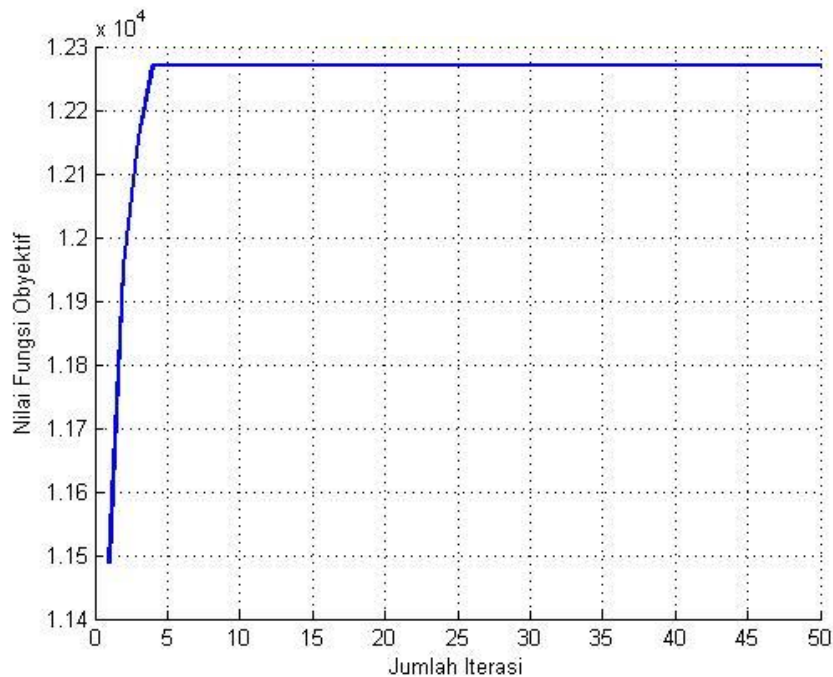
Hasil plot *fitness* terbaik dari setiap iterasi pada proses optimisasi KWA, DA dan PSO ditunjukkan pada Gambar 4.9 hingga 4.11. Plot *fitness* merupakan plot nilai dari *objective function* yaitu *profit*. Dengan menggunakan teknik optimisasi stokastik setiap iterasi menghasilkan nilai *local optimum* dimana nilai tersebut merupakan nilai *objective function* terbaik pada iterasi tersebut. Nilai *fitness* akan berada pada nilai yang konstan apabila telah mencapai global optimum dan nilai tersebut merupakan nilai hasil optimisasi yang paling optimum. Proses optimisasi akan terus berlanjut hingga mencapai batas jumlah iterasi.



**Gambar 4. 10** Plot *fitness* terbaik setiap KWA



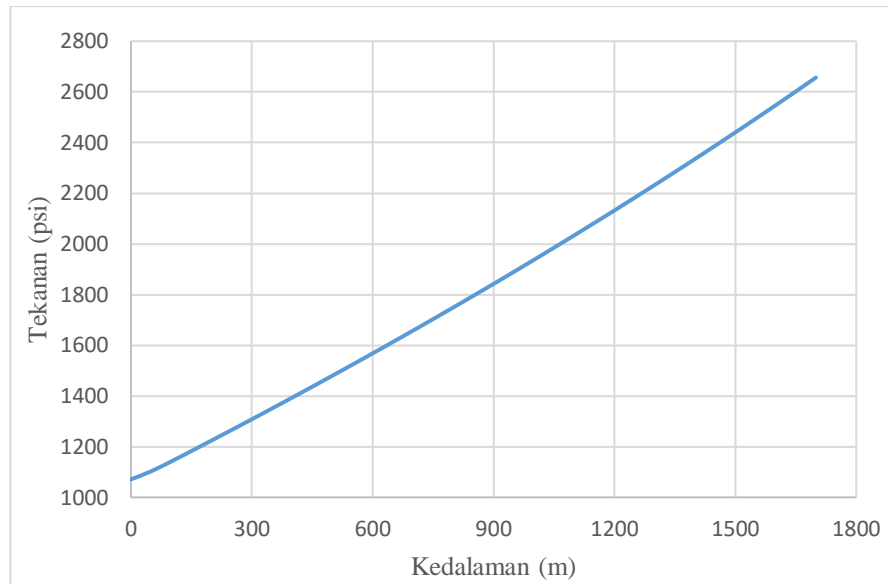
**Gambar 4. 11** Plot *fitness* terbaik setiap generasi GA



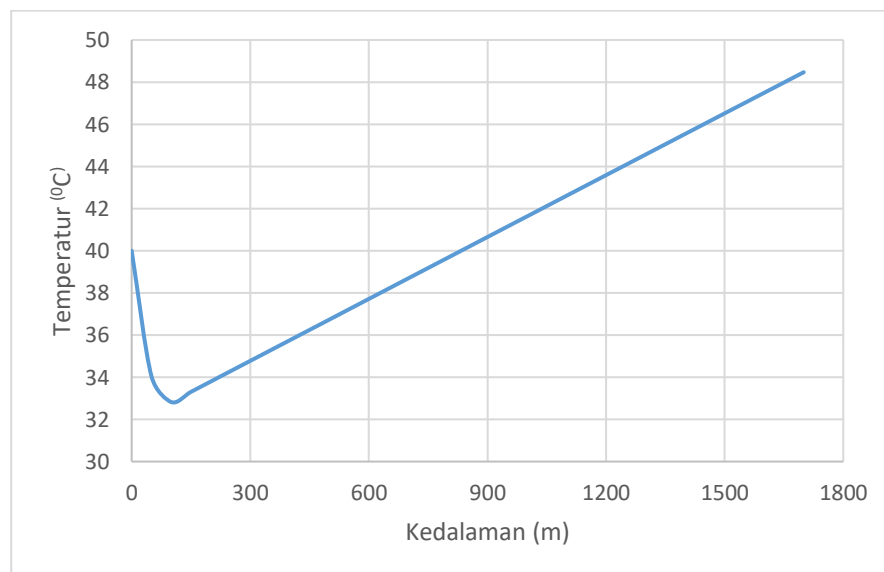
**Gambar 4. 12** Plot *fitness* terbaik setiap generasi PSO

Dengan parameter input sesuai dengan tabel 4.6 yang didapatkan dari hasil optimisasi KWA, GA dan PSO, maka plot kurva tekanan dan temperatur CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* ditunjukkan pada gambar 4.13 hingga gambar 4.18. Seperti pada sebelum dilakukan optimisasi, CO<sub>2</sub> pada *injection well* dengan kondisi operasi yang telah dioptimisasi mengalami perubahan temperatur dan tekanan yang tidak jauh berbeda. Namun, pada *injection well* dikarenakan temperatur CO<sub>2</sub> yang lebih besar dibandingkan temperatur batuan diluar *tubing injection well* maka CO<sub>2</sub> mengalami penurunan temperatur. Namun sebaliknya, tekanan pada CO<sub>2</sub> terus mengalami peningkatan. Hal tersebut dikarenakan pengaruh dari gaya gravitasi yang menyebabkan penambahan tekanan lebih besar dibandingkan dengan penurunan temperatur. Selain itu, pengaruh temperatur terhadap tekanan CO<sub>2</sub> yang telah berfasa *supercritical* yang mempunyai sifat seperti zat cair tidak terlalu signifikan. Gaya gravitasi dipengaruhi oleh massa jenis dari CO<sub>2</sub>. Temperatur CO<sub>2</sub> injeksi yang lebih tinggi dengan tekanan injeksi yang tetap menyebabkan massa jenis CO<sub>2</sub> injeksi berkurang dan meningkatnya laju aliran massa CO<sub>2</sub> menyebabkan *friction loss* semakin tinggi. Sehingga tekanan yang memasuki *reservoir* pada

kondisi operasi optimum lebih kecil apabila dibandingkan dengan kondisi operasi normal. Kemudian pada kedalaman 150 m temperatur CO<sub>2</sub> terus mengalami peningkatan hingga mencapai *reservoir* dengan temperatur yang mendekati temperatur *reservoir*. Pada gambar 4.13, gambar 4.14 merupakan kurva tekanan dan temperatur pada *injection well* setelah dilakukan optimisasi.

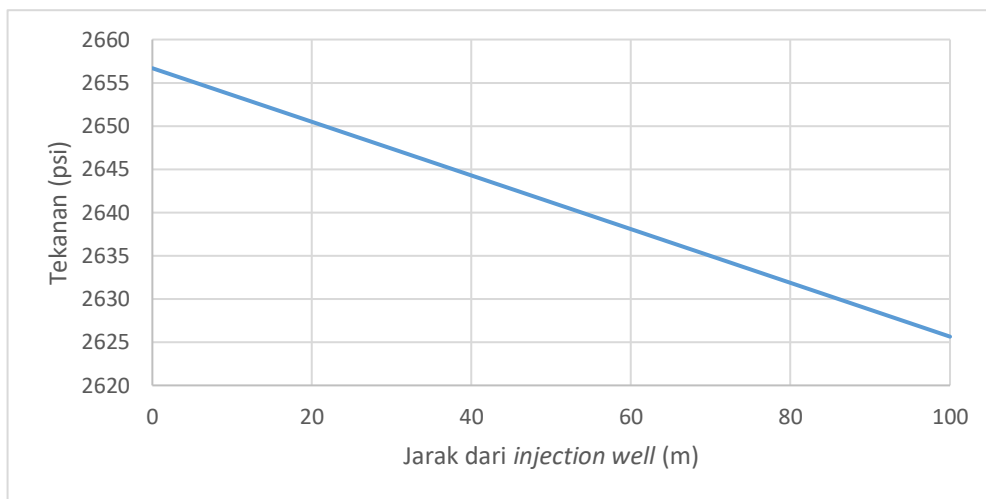


**Gambar 4. 13** Kurva tekanan pada *injection well* setelah dilakukan optimisasi

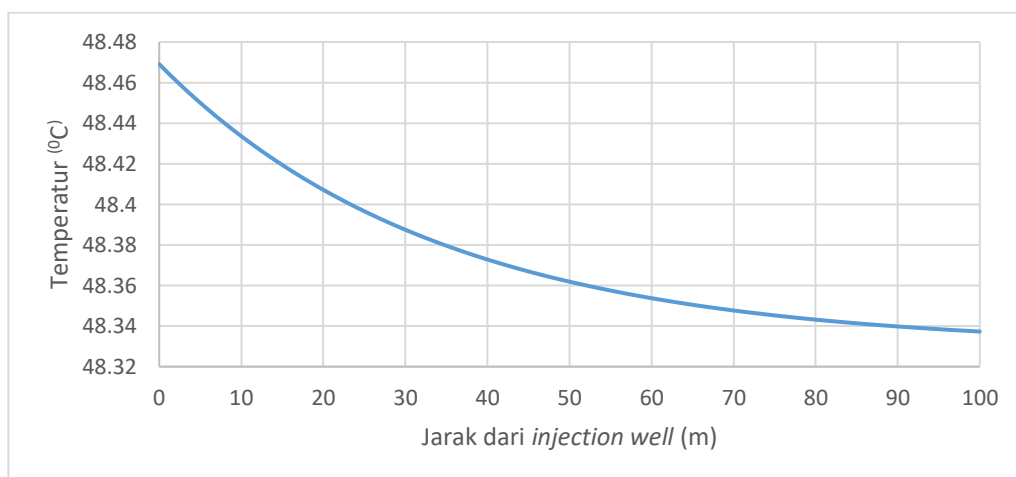


**Gambar 4. 14** Kurva temperatur pada *injection well* setelah dioptimisasi

Laju aliran massa CO<sub>2</sub> yang lebih besar menghasilkan *pressure drop* pada *reservoir* yang semakin besar. Hal tersebut dikarenakan laju aliran *natural gas* yang melalui batuan semakin besar selain itu dikarenakan tekanan pada *reservoir* yang lebih rendah menyebabkan viskositas *natural gas* turun. Temperatur pada *natural gas* di *reservoir* cenderung tidak berubah dikarenakan mengikuti *reservoir*. Pada gambar 4.15, gambar 4.16 merupakan kurva gradien tekanan dan temperatur pada *reservoir* setelah dilakukan optimisasi.



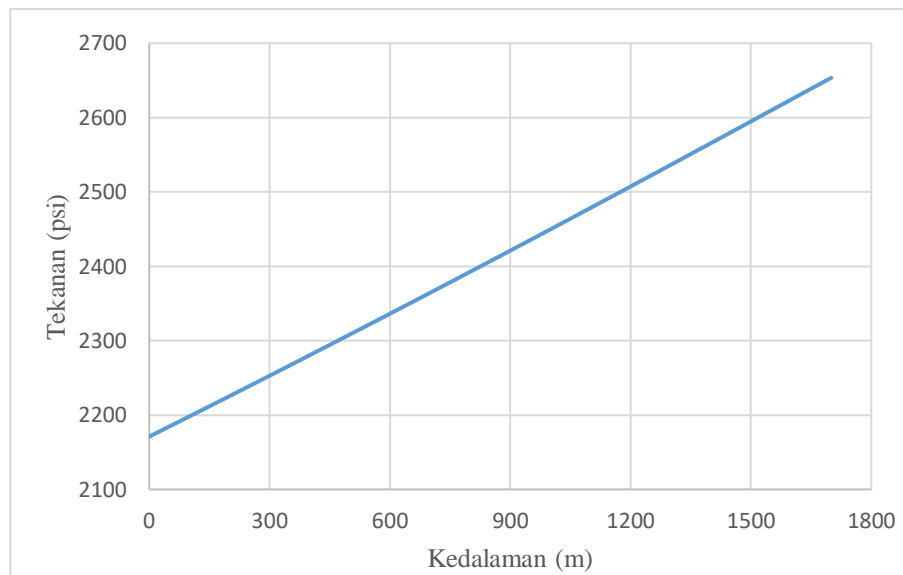
**Gambar 4. 15** Kurva tekanan pada *reservoir* setelah dilakukan optimisasi



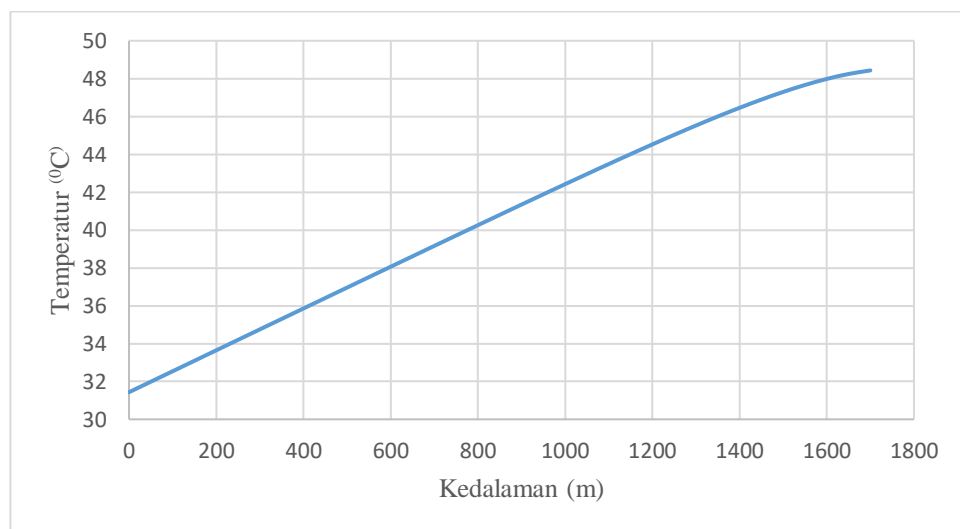
**Gambar 4. 16** Kurva temperatur pada *reservoir* setelah dilakukan optimisasi



Kondisi *natural gas* pada *production well* setelah dilakukan optimisasi juga sama dengan kondisi operasi normal. Tekanan dan temperatur akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari *reservoir*. Tekanan *outlet production well* setelah dilakukan optimisasi lebih rendah dikarenakan tekanan *reservoir* yang lebih rendah. Pada gambar 4.17, gambar 4.18 merupakan kurva gradien tekanan dan temperatur pada *production well* setelah dilakukan optimisasi.



**Gambar 4. 17** Kurva tekanan *production well* setelah optimisasi



**Gambar 4.18** Kurva temperatur *production well* setelah optimisasi

Perhitungan CO<sub>2</sub> yang terserap dan tersimpan dalam *reservoir* setelah optimisasi didapatkan nilai CO<sub>2</sub> yang terserap 0,246 atau 75,370% dari CO<sub>2</sub> yang diinjeksikan. Nilai tersebut menghasilkan jumlah penyimpanan CO<sub>2</sub> per harinya adalah sebesar 40,7 ton/hari. Jumlah total CO<sub>2</sub> yang tersimpan selama proses EGR dan *carbon sequestration* bergantung pada lama waktu operasi injeksi CO<sub>2</sub>. Tabel 4.7 menunjukkan jumlah CO<sub>2</sub> yang dapat tersimpan selama selang waktu tertentu. Didapatkan total CO<sub>2</sub> yang tersimpan adalah 3662,985 ton.

**Tabel 4. 7** Jumlah CO<sub>2</sub> yang Tersimpan dalam Satuan Waktu setelah Optimisasi

Jumlah Hari	CO <sub>2</sub> Tersimpan (ton)
10	406,998
30	1220,995
50	2034,992
70	2848,988
90	3662,985

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* dapat dimodelkan dengan baik dengan membagi menjadi tiga bagian yaitu *injection well*, *reservoir*, dan *production well*. Permodelan *pressure drop* pada *injection* dan *production well* dapat menggunakan metode Beggs-Brill sedangkan pada *reservoir* dengan menggunakan persamaan Darcy. Permodelan gradien temperatur dapat menggunakan persamaan perpindahan panas. Hasil validasi permodelan *pressure drop* dan gradien temperatur pada *injection well* menunjukkan rata-rata *error* masing-masing sebesar 0,756% dan 0,04% dibandingkan dengan simulasi *software* PIPESIM. Kemudian, pada *reservoir* Hasil validasi permodelan *pressure drop* dan gradien temperatur pada *reservoir* menunjukkan rata-rata *error* masing-masing sebesar 0,124% dan 0,023% dibandingkan dengan simulasi *software* COMSOL *Multiphysics*. Sedangkan, hasil validasi permodelan *pressure drop* dan gradien temperatur pada *production well* menunjukkan rata-rata *error* masing-masing sebesar 0,721% dan temperatur yaitu 0,9% dibandingkan dengan simulasi *software* PIPESIM. Dari hasil permodelan dihasilkan CO<sub>2</sub> yang tersimpan per harinya adalah sebesar 19,82 ton/hari,
- Berdasarkan analisis sensitivitas, *profit* akan meningkat terhadap peningkatan variabel laju aliran massa dan temperatur injeksi CO<sub>2</sub> serta penurunan tekanan injeksi CO<sub>2</sub>. Dengan melakukan optimisasi pada ketiga variabel tersebut menggunakan *stochastic algorithm* yang terdiri dari lima jenis teknik optimisasi diperoleh hasil terbaik pada jenis teknik optimisasi *killer whale algorithm (KWA)*, *genetic algorithm (GA)*, dan *particle swarm optimization (PSO)*. Hasil optimisasi menunjukkan peningkatan *profit* dari 3105,608 USD/hari menjadi 8715,439 USD/hari atau terjadi peningkatan

sebesar 180,64% dari kondisi awal injeksi tanpa optimisasi. Dengan menggunakan parameter injeksi yang telah dioptimisasi CO<sub>2</sub> yang dapat tersimpan selama 90 hari adalah sejumlah 3662,985 ton.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian berikutnya adalah:

- Melakukan penelitian operasi EGR dengan menggunakan bahan injeksi yang lainnya.
- Mengembangkan permodelan untuk karakteristik *reservoir natural gas* yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al, H. G. dkk. (2015). Steam injection for heavy oil recovery: Modeling of wellbore heat efficiency and analysis of steam injection performance. *Energy Convers. Manag.*, 166–177.
- Al, R. P. S. and E. (2014). Handling System for Newtonian. *Introduction to Food Engineering - Fifth Edition*.
- Au, W. W. L., Ford, J. K. B., Horne, J. K., & Allman, K. A. N. (2004). Echolocation signals of free-ranging killer whales ( *Orcinus orca* ) and modeling of foraging for chinook salmon ( *Oncorhynchus tshawytscha* ) . *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), 901–909.  
<https://doi.org/10.1121/1.1642628>
- Banette, O. (2014). Towards modeling heat transfer using a lattice boltzmann method for porous media. Diambil 31 Januari 2020, dari <https://www.semanticscholar.org/paper/Towards-modeling-heat-transfer-using-a-lattice-for-Banete/ae4601b302a835d4ac047f1583e5dda1eacbc0c>
- Beggs, H. D., & Brill, J. R. (1973). Study of Two-Phase Flow in Inclined Pipes. *JPT, Journal of Petroleum Technology*, Vol. 25, hal. 607–617.  
<https://doi.org/10.2118/4007-PA>
- Biyanto, T. R., Matradji, Irawan, S., Febrianto, H. Y., Afdanny, N., Rahman, A. H., ... Bethiana, T. N. (2017). Killer Whale Algorithm: An Algorithm Inspired by the Life of Killer Whale. *Procedia Computer Science*, 124, 151–157.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.141>
- C. M. Oldenburg, S. H. Stevens, and S. M. B. (2017). *ECONOMICFEASIBILITYOFCARBON SEQUESTRATION WITH ENHANCED GAS RECOVERY ( CSEGR )*.
- E-theses, D. (2016). *Modelling Enhanced Gas Recovery by CO<sub>2</sub> Injection in Partially-Depleted Reservoirs* .  
*Genetic\_Algorithms\_Concepts\_Applications\_Kwong\_1996.pdf* (hal. 1996). (n.d.).
- Harbaugh, J. W. (1967). Carbonate Oil Reservoir Rocks. *Elsevier Publ. Co.*, 351–352.

- Ishimwe, D. (2011). Reservoirs Rocks Properties. Diambil 3 Maret 2020, dari <https://connect.spe.org/blogs/donatien-ishimwe/2014/09/29/reservoir-rock-properties>
- Leach, A., Mason, C. F., & Veld, K. van t. (2011). Co-optimization of enhanced oil recovery and carbon sequestration. *Resource and Energy Economics*, 33(4), 893–912. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2010.11.002>
- Naik, G. C. (2003). Tight Gas Reservoirs – An Unconventional Natural Energy Source for the Future Introduction : The Key Words From Conventional to Unconventional Reservoirs : the Future of. *Energy Source*, 1–32.
- Oldenburg, C. M., Pruess, K., & Benson, S. M. (2001). Process modeling of CO<sub>2</sub> injection into natural gas reservoirs for carbon sequestration and enhanced gas recovery. *Energy and Fuels*, 15(2), 293–298. <https://doi.org/10.1021/ef000247h>
- Oldenburg, Curtis M., Bryant, S. L., & Nicot, J. P. (2009). Certification framework based on effective trapping for geologic carbon sequestration. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 3(4), 444–457. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2009.02.009>
- Putra, S. A. (2016). *Perbandingan Model Algoritma Particle Swarm Optimization*.
- Rahmawati, L. A., Haryono, E., Fandeli, C., Bawah, K. E., Mlati, K., & Sleman, K. (2012). Studi Optimalisasi Sequestrasi Karbon Dioksida ( co<sub>2</sub> ) Berbasis Rumah Tangga Perubahan iklim menjadi isu penting abad ke-21 , dan salah satu pemicunya adalah pemanasan global ( global warming ) . Krebs ( 2009 ) , mengatakan bahwa dalam 100 tahun terakhir. *MAJALAH GEOGRAFI INDONESIA*, Vol 26, No. 1, Maret 2012, 26(1), 59–79.
- Schlumberger, “Schlumberger Oilfield Glossary. (2015). Diambil dari <http://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/p/permeability>.
- Settles, M. (2005). An Introduction to Particle Swarm Optimization. *University of Idaho, Moscow*, 1–8. Diambil dari <http://www2.cs.uidaho.edu/~tsoule/cs504/particleswarm.pdf>
- Susana, T. (1988). Karbon Dioksida. *Oseana*, XIII(1), 1–11.
- T. R. Biyanto, M. N. Syamsi, H. Y. Fibrianto, and N. A. (2016). Optimization of Energy Efficiency and Conservation in Green Building Design Using Duelist,

Killer-Whale and Rain-Water Algorithms,” in International Conference of Applied Science and Technology for Infrastructure. *International Conference of Applied Science and Technology for Infrastructure*.

US Geological Survey. (n.d.). U . S . *DEPARTMENT OF THE INTERIOR U . S . GEOLOGICAL SURVEY Characteristics of discrete and basin-centered parts of the Lower Silurian regional oil and gas accumulation , Appalachian basin : Preliminary results from a data set of 25 oil and gas fields Ro.*

Wiki, A. (2010). Reservoir. Diambil 3 Maret 2020, dari [https://wiki.aapg.org/Reservoir#Type\\_of\\_Reservoir\\_Rocks](https://wiki.aapg.org/Reservoir#Type_of_Reservoir_Rocks)

Wit, T. C. and K. (2002). Co2 Enhanced Gas Recovery Studied for an Example Gas Reservoir. *Proceedings SPE Annual Technical Conference and Exhibition*.

Sharada J., (2020). Switch On: To Decarbonising Upstream Oil and Gas. *Energy Journal Co.uk*. <http://energyjournal.co.uk/Blog>

Donathn I. (2014). Reservoir Rock Properties. *Connect SPE*. <https://connect.spe.org/blogs/donathen-ishimwe/2014/09/29/reservoir-rock-properties>

Knebel, G. M., and G. Rodriguez-Eraso, 1956, Habitat of some oil: AAPG Bulletin, v. 40, no. 4, p. 547-561

Warner, E. M., (2000), Structural geology and pressure compartmentalization of Jonah field based on 3-D seismic data and subsurface geology, Sublette County, Wyoming: *The Mountain Geologist*, v. 37, no. 1, p. 15-30.

Alexander, G., Tereza N.D.C., Maria, C.M., Neto, B.E., (2008). A review on chemical flooding methods applied in enhanced oil recovery. *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*. 22-23

Armstrong, E. (2015). CO2 Flood Injection – Sucker Rod EOR. <http://www.oiljetpump.com/c02.htm>

Hendri, A. (2018). Enhanced Oil Recovery. Engineering. <https://www.slideshare.net/HendriAnur/enhanced-oil-recovery-eor>

Halaman ini sengaja dikosongkan



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A Penurunan Rumus Beggs Brill

#### A. Rumus Beggs – Brill

Pertama adalah menurunkan aliran fluida. Dasarnya adalah kesetimbangan energi pada fluida yang mengalir diantara dua titik. Disini diasumsikan tidak ada gaya eksternal yang bekerja pada fluida. Dibawah ini dijabarkan bentuk steady state energi mekanik dari sistem.

$$\frac{dp}{\rho_{tp}} + \frac{g}{g_c} dh + \frac{v_m \cdot d(v_m)}{g_c} + d(w_f) = 0 \quad (1)$$

Dengan  $d(w_f)$  adalah rugi gesekan *irreversible*. Pada aliran fluida vertical keatas atau kebawah, maka berlaku persamaan (2).

$$dh = \sin\theta \cdot dZ \quad (2)$$

Dengan  $dh$  adalah jarak perpindahan vertikal,  $\theta$  adalah sudut kemiringan pipa terhadap horizontal, dan  $dZ$  adalah jarak perpindahan axial. Substitusi persamaan (1) dan (2) adalah Persamaan (3).

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\left(\frac{g}{g_c} p_{tp} \sin\theta + p_{tp} \frac{v_m \cdot d(v_m)}{g_c \cdot dZ} + \rho_{tp} \frac{d(w_f)}{dZ}\right) \quad (3)$$

Persamaan (3) mempresentasikan rugi akibat gesekan, elevasi dan gravitasi. Nilai rugi gravitasi diabaikan karena nilainya relative kecil.

#### 1. Gradien tekanan akibat gesekan

Di aliran dua fasa, densitas tanpa slip akan bernilai beda dengan densitas yang sebenarnya karena adanya gesekan antar fasenya. Densitas tanpa gesekan digunakan dalam perhitungan rugi gesekan dikarenakan adanya perpindahan energi dari suatu tempat. Berikut ini merupakan persamaan *friction loss*

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{friction} = -\left(p_{tp} \frac{dw_f}{dZ}\right) \quad (4)$$

Sehingga untuk menyelesaikan persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$p_{tp} = \rho_L \cdot H_L + \rho_G \cdot (1 - H_L) \quad (5)$$

$$p_{ns} = \rho_L \cdot \lambda + \rho_G \cdot (1 - \lambda) \quad (6)$$

$$\frac{d(wf)}{dz} = \frac{f_{tp} \cdot v_m^2}{2 \cdot g_c \cdot d} \quad (7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4), (5), (6), (7) maka diperoleh Persamaan (8).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{friction} = \frac{f_{tp} \cdot v_m^2}{2 \cdot g_c \cdot d} \quad (8)$$

## 2. Gradien tekanan akibat elevasi

Sesuai dengan persamaan (3), maka gradien tekanan akibat elevasi dinyatakan dalam persamaan (9).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{g}{g_c} p_{tp} \sin \theta \quad (9)$$

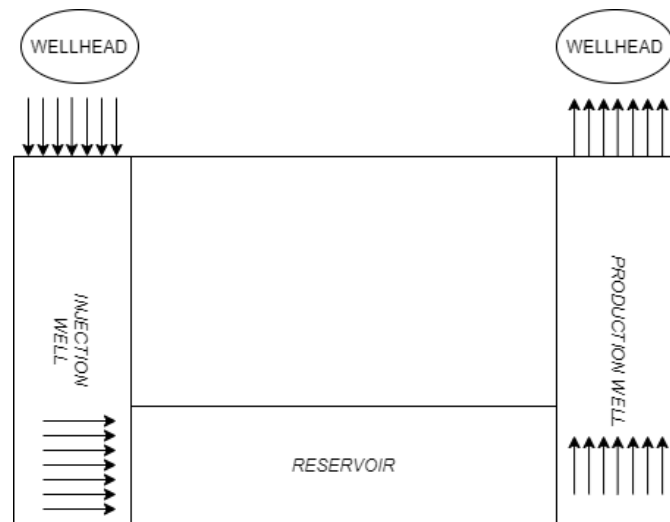
Untuk menghitung densitas in-situ campuran *gas – liquid*, perlu dihitung nilai fraksi *Holdup* dengan persamaan (10).

$$H_L = \frac{\text{Volume of liquid element}}{\text{Volume of the element}} \quad (10)$$

Nilai densitas in-situ dinyatakan dalam persamaan (5). Persamaan (9) dan persamaan (5) bentuk substitusi nya adalah:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{el} = \frac{g}{g_c} [\rho_L H_L + \rho_G (1 - H_L)] \cdot \sin \theta \quad (11)$$

**LAMPIRAN B Perhitungan *Pressure – Drop* Menggunakan Beggs – Brill pada *Injection Well***



**Gambar B. 1** Ilustrasi model CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration*

Permodelan pada operasi CO<sub>2</sub> EGR dan *carbon sequestration* dilakukan seperti pada gambar B.1. Model dibagi menjadi tiga bagian yaitu model gradien tekanan dan temperatur pada *injection well*, reservoir, dan *production well*. Pada bagian pertama dan ketiga dilakukan perhitungan untuk setiap kedalaman 50 m. Input kondisi operasi yang digunakan adalah sesuai pada tabel B.1 berikut ini:

**Tabel B. 1** Parameter Input untuk Permodelan Gradien Tekanan dan Temperatur

Parameter	Nilai	Satuan
Gravitasi	9,8	m/s <sup>2</sup>
Diameter aliran	0,127	m
Kedalaman sumur	1700	m
Tekanan injeksi	1071	Psi
Laju massa uap injeksi	0,30443	kg/s
Temperatur injeksi	31	°C
Tebal tubing	0,005385	m
<i>Absolute roughness</i>	0,0000675	m

Dalam perhitungan *pressure drop* diperlukan variabel lain. Berikut merupakan tahapan perhitungan *pressure drop* pada *injection well*.

#### Menghitung volumetric flow rate $q$

$$q = \frac{m}{p}$$

$$q = \frac{0,3044}{586,0385}$$

$$q = 0,0005194 \text{ m}^2 / \text{s}$$

#### Menghitung Area $A$

$$A = 3,14 \times D^2 / 4$$

$$A = 3,14 \times 0,127^2$$

$$A = 0,0127 \text{ m}^2$$

#### Menghitung lambda $\lambda$

$$\lambda = \frac{q_L}{(q_L + q_g)}$$

Dikarenakan seluruh fraksi  $\text{CO}_2$  adalah liquid maka  $q_g = 0$

$$\lambda = \frac{0,0005194}{(0,0005194 + 0)}$$

$$\lambda = 1$$

$$v = \frac{q}{A}$$

$$v = \frac{0,0005194}{0,0127}$$

$$v = 0,0410 \text{ m/s}$$

**Menghitung Surface Tension  $\sigma$** 

$$\begin{aligned}\sigma &= 0,07275 \times (1 - 0,002 \times (T - 291)) \\ \sigma &= 0,07275 \times (1 - 0,002 \times (305,15 - 291)) \\ \sigma &= 0,0707 \text{ N/m}\end{aligned}$$

**Menghitung Liquid Velocity Number  $N_{LV}$** 

$$N_{LV} = v \left( \frac{\rho}{g} \right)^{0,25}$$

$$N_{LV} = 0,041024314 \frac{586,0386}{9,8 \times 0,07069}^{0,25}$$

$$N_{LV} = 26,35237309$$

**Menghitung Froude Number  $N_{FR}$** 

$$N_{FR} = \frac{v^2}{gD}$$

$$N_{FR} = \frac{0,041024314^2}{9,8 \times 0,127}$$

$$N_{FR} = 0,001352$$

**Menghitung  $H_L$  Segregated  $H_L(0)$** 

1. Jika  $N_{FR} < L_1$  maka pola aliran *segregated*,
2. Jika  $N_{FR} > L_1$  dan  $N_{FR} > L_2$  maka pola aliran adalah *distributed*,
3. Jika  $L_1 < N_{FR} < L_2$  maka pola aliran *intermittent*,
4.  $L_1$  dan  $L_2$  dinyatakan dalam persamaan:

Dimana:

$$X = \ln(\lambda)$$

$$X = \ln(1)$$

$$X = 0$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757X - 0,481X^2 - 0,0207X^3)$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757X - 0,481X^2 - 0,0207X^3)$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757 \times (0) - 0,481 \times (0)^2 - 0,0207X \times (0)^3)$$

$$L_1 = 0,0098523$$

$$L_2 = \exp(1,061 - 4,602X - 1,609X^2 - 0,179X^3$$

$$+ 0,635 \times 10^{-3}X^5)$$

$$L_2 = \exp(1,061 - 4,602 \times (0) - 1,609 \times (0)^2$$

$$L_2 = 2,8893$$

Nilai  $N_{FR} < L_1$  , sehingga pola aliran nya adalah *segreagated*,

$$H_L(0) = \frac{0,98\lambda^{0,4846}}{N_{FR}^{0,0868}}$$

$$H_L(0) = \frac{0,98(1)^{0,4846}}{(0,001596)^{0,0868}}$$

$$H_L(0) = 1,7388$$

### Menghitung PSI $\Psi$

$$C = (1 - \lambda) \ln \left[ \frac{4,7N_{LV}^{0,1244}}{\lambda^{0,03692} N_{FR}^{0,5056}} \right]$$

$$C = (1 - 1) \ln \left[ \frac{4,7 \times 26,3524^{0,1244}}{1^{0,03692} \times 0,001595^{0,5056}} \right]$$

$$C = 0$$

$$\Psi = 1 + C(\sin \varnothing - \frac{1}{3} (\sin \varnothing)^3)$$

$$\Psi = 1 + 0 \times (\sin \varnothing - \frac{1}{3} (\sin \varnothing)^3)$$

$$\Psi = 1$$

Dengan nilai  $\varnothing = 1,8\theta$ , pada kasus ini nilai  $\theta$  adalah  $-90^\circ$  karena aliran vertikal kebawah

### Menghitung $H_L(\theta)$

$$\frac{H_L(\theta)}{H_L(0)} = \Psi$$

$$H_L(\theta) = \Psi \times H_L(0)$$

$$H_L(\theta) = 1 \times 1,7388$$

$$H_L(\theta) = 1,7388$$

### Menghitung S

$$y = \frac{\lambda}{[H_L(\theta)]^2}$$

$$y = \frac{1}{[1,7388]^2}$$

$$y = 0,3307$$

$$S = \frac{\ln y}{-0,0523 + 3,182 \ln y - 0,8725(\ln y)^2 + 0,01853(\ln y)^4}$$

$$S = 0,2084$$

**Menghitung  $f_{ns}$** 

Diperlukan nilai Reynold number untuk menghitung variable ini, nilai Reynold number untuk aliran dua fasa didapatkan melalui persamaan berikut ini.

$$N_{Re} = \frac{[\rho \cdot v \cdot d]}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{[586,0385 \times 0,0410 \times 0,127]}{0,00006225}$$

$$N_{Re} = 49052,0205$$

$$f_{ns} = [2 \log \left( \frac{N_{Re}}{4,5223 \log (N_{Re} - 3,8215)} \right)]^{-2}$$

$$f_{ns} = [2 \log \left( \frac{49052,0205}{4,5223 \log (49052,0205 - 3,8215)} \right)]^{-2}$$

$$f_{ns} = 0,0209$$

**Menghitung  $f_{tp}$** 

Diperlukan nilai  $f_{ns}$  dan S,

$$\frac{f_{tp}}{f_{ns}} = e^S$$

$$f_{tp} = f_{ns} e^S$$

$$f_{tp} = 0,0209 e^{0,2093}$$

$$f_{tp} = 0,0259$$

**Menghitung  $\frac{\partial p}{\partial z}$  elevation**

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \frac{2, f_{tp} \cdot \rho \cdot v^2}{g_c \cdot d} - \frac{g}{g_c} \rho$$

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \frac{2 \times 0,0259 \times 586,0385 \times 0,0410^2}{1 \times 0,127} + \frac{9,8}{1} 586,0385$$

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 5743,1783 \frac{Pa}{m}$$



Sehingga apabila tekanan injeksi 1071 psia, dengan pressure drop  $5743.1783 \frac{Pa}{m}$ , maka output tekanan segment pertama (segment n) adalah 41.6489 psia.. Perubahan tekanan ini mengakibatkan perubahan pada semua properties CO<sub>2</sub>, maka dari itu output segment n, akan menjadi input untuk segment n+1 dan seterusnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

### LAMPIRAN C Contoh Perhitungan *Pressure Drop* Menggunakan Persamaan Darcy pada Reservoir

Parameter input yang digunakan dalam perhitungan *Pressure drop* pada *reservoir* adalah seperti yang tercantum pada tabel C.1 berikut.

Persamaan Darcy mengenai permeabilitas dapat dilihat pada persamaan (2.7)

**Tabel C. 1** Tabel parameter input pemodelan pada *reservoir*

Parameter	Nilai	Satuan
Jarak <i>injection – production well</i>	100	m
Tekanan reservoir	1628	psia
Temperatur reservoir	38,889	°C
Tebal formasi	12,192	m
Permeabilitas	0,086	mD
Porositas	0,089	-

$$\Delta P = \frac{\mu q L}{k A}$$

Menghitung  $\mu$  pada  $P = 2684,282863$  dan  $T = 48,3668844$

$\mu = 0,00002379 \text{ m/s}$  Berdasarkan tekanan dan temperatur di *reservoir* tersebut

Menghitung  $q$

$$q = \frac{m}{\rho} = \frac{0,30443 \text{ kg/s}}{215,1713 \text{ kg/m}^3} = 0,001415 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menghitung  $L$

$L$  merupakan Panjang segment pada reservoir yang ditentukan yakni 10 meter, Dengan jarak total segmen yakni 100 meter

$$L = 10$$

Menghitung  $k$

$$k = 86 \text{ mD}$$

$$k = 0,86 \times 9,869 \text{E} - 9 \text{ cm}^2$$

$$k = 8,4873 \text{E} - 14 \text{ m}^2$$

**Menghitung  $A$** 

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi 12,192^2}{4}$$

$$A = 116,6862182 \text{ m}^2$$

**Menghitung  $\Delta P$** 

$$\Delta P = \frac{0,00002379 \times 0,001415 \times 10 \times 0,000145038}{8,4873E - 14 \times 116,6862182}$$

$$\Delta P = 0,150225$$

### **LAMPIRAN D Contoh Perhitungan *Pressure Drop* Menggunakan Beggs – Brill pada *Production Well***

Seperti pada *injection well* dalam perhitungan *pressure drop* pada *production well* diperlukan variable lain. Berikut merupakan tahapan perhitungan *pressure drop* pada *production well*.

#### **Menghitung *volumetric flow rate* $q$**

$$q = \frac{m}{p}$$

$$q = \frac{0,3044}{205,0265}$$

$$q = 0,001484 \text{ m}^2 / \text{s}$$

#### **Menghitung Area $A$**

$$A = 3,14 \times D^2 / 4$$

$$A = 3,14 \times 0,127^2$$

$$A = 0,0127 \text{ m}^2$$

#### **Menghitung Lambda $\lambda$**

$$\lambda = \frac{q_L}{(q_L + q_g)}$$

Dikarenakan seluruh fraksi CO<sub>2</sub> adalah liquid maka  $q_g = 0$

$$\lambda = \frac{0,003415}{(0,003415 + 0)}$$

$$\lambda = 1$$

$$v = \frac{q}{A}$$

$$v = \frac{0,001484}{0,0127}$$

$$v = 0,1173 \text{ m/s}$$

**Menghitung Surface Tension  $\sigma$** 

$$\sigma = 0,07275 \times (1 - 0,002 \times (T - 291))$$

$$\sigma = 0,07275 \times (1 - 0,002 \times (322,5 - 291))$$

$$\sigma = 0,0682 \text{ N/m}$$

**Menghitung Liquid Velocity Number  $N_{LV}$** 

$$N_{LV} = v \left( \frac{\rho}{g} \right)^{0,25}$$

$$N_{LV} = 0,117262 \frac{205,0265^{0,25}}{9,8 \times 0,0682}$$

$$N_{LV} = 26,593$$

**Menghitung Froude Number  $N_{FR}$** 

$$N_{FR} = \frac{v^2}{gD}$$

$$N_{FR} = \frac{0,117262^2}{9,8 \times 0,127}$$

$$N_{FR} = 0,0110$$

**Menghitung HL Segregated  $H_L(0)$** 

1. Jika  $N_{FR} < L_1$  maka pola aliran *segregated*,
2. Jika  $N_{FR} > L_1$  dan  $N_{FR} > L_2$  maka pola aliran adalah *distributed*,
3. Jika  $L_1 < N_{FR} < L_2$  maka pola aliran *intermittent*,
4.  $L_1$  dan  $L_2$  dinyatakan dalam persamaan:

Dimana:

$$X = \ln(\lambda) \quad X = \ln(1) \quad X = 0$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757X - 0,481X^2 - 0,0207X^3)$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757X - 0,481X^2 - 0,0207X^3)$$

$$L_1 = \exp(-4,62 - 3,757 \times (0) - 0,481 \times (0)^2 - 0,0207X \times (0)^3)$$

$$L_1 = 0,0098523$$

$$L_2 = \exp(1,061 - 4,602X - 1,609X^2 - 0,179X^3 + 0,635 \times 10^{-3}X^5)$$

$$L_2 = \exp(1,061 - 4,602 \times (0) - 1,609 \times (0)^2$$

$$L_2 = 2,8893$$

Nilai  $N_{FR} < L_1$  , sehingga pola aliran nya adalah *segreagated*,

$$H_L(0) = \frac{0,98\lambda^{0,4946}}{N_{FR}^{0,0868}}$$

$$H_L(0) = \frac{0,98(1)^{0,4946}}{(0,0110)^{0,0868}}$$

$$H_L(0) = 1,449$$

### Menghitung PSI $\Psi$

$$C = (1 - \lambda) \ln \left[ \frac{4,7N_{LV}^{0,4946}}{\lambda^{0,03692} N_{FR}^{0,5056}} \right]$$

$$C = (1 - 1) \ln \left[ \frac{4,7 \times 26,593^{0,1244}}{1^{0,03692} 0,0110^{0,5056}} \right]$$

$$C = 0$$

$$\Psi = 1 + C(\sin \phi - \frac{1}{3} (\sin \phi)^3)$$

$$\Psi = 1 + 0 \times (\sin \phi - \frac{1}{3} (\sin \phi)^3)$$

$$\Psi = 1$$

Dengan nilai  $\phi = 1,8\theta$ , pada kasus ini nilai  $\theta$  adalah  $90^\circ$  karena aliran vertikal keatas.

### Menghitung $H_L(\theta)$

$$\frac{H_L(\theta)}{H_L(0)} = \psi$$

$$H_L(\theta) = \psi \times H_L(0)$$

$$H_L(\theta) = 1 \times 1,3947$$

$$H_L(\theta) = 1,3947$$

### Menghitung S

$$y = \frac{\lambda}{[H_L(\theta)]^2}$$

$$y = \frac{1}{[1,3947]^2}$$

$$y = 5141$$

$$S = \frac{\ln y}{-0,0523 + 3,182 \ln y - 0,8725(\ln y)^2 + 0,01853(\ln y)^4}$$

$$S = 0,2239$$

### Menghitung $f_{ns}$

Diperlukan nilai Reynold number untuk menghitung variable ini, nilai Reynold number untuk aliran dua fasa didapatkan melalui persamaan berikut ini.

$$N_{Re} = \frac{[\rho, v, d]}{\mu}$$



$$N_{Re} = \frac{[205,0265 \times 0,117262 \times 0,127]}{2,3761E - 05}$$

$$N_{Re} = 128502,952$$

$$f_{ns} = [2 \log \left( \frac{N_{Re}}{4,5223 \log (N_{Re} - 3,8215)} \right)]^{-2}$$

$$f_{ns} = [2 \log \left( \frac{128502,952}{4,5223 \log (128502,952 - 3,8215)} \right)]^{-2}$$

$$f_{ns} = 0,01709$$

### Menghitung $f_{tp}$

Diperlukan nilai  $f_{ns}$  dan S,

$$\frac{f_{tp}}{f_{ns}} = e^S$$

$$f_{tp} = f_{ns} e^S$$

$$f_{tp} = 0,01709 e^{0,2239}$$

$$f_{tp} = 0,0214$$

### Menghitung *elevation* $\frac{\partial p}{\partial z}$

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \frac{2, f_{tp}, \rho, v^2}{g_c, d} - \frac{g}{g_c} \rho$$

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \frac{2 \times 0,0214 \times 205,0265 \times 0,117262^2}{1 \times 0,127} + \frac{9,8}{1} 205,0265$$

$$\left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 2008,9789 \frac{Pa}{m}$$

Sehingga apabila tekanan injeksi 1071 psia, dengan pressure drop 2009.2601  $\frac{Pa}{m}$ , maka output tekanan segment pertama (segment n) adalah 14.571 psia.. Perubahan tekanan ini mengakibatkan perubahan pada semua properties CO<sub>2</sub>, maka dari itu output segment n, akan menjadi input untuk segment n+1 dan seterusnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

### LAMPIRAN E Contoh Perhitungan Heat Transfer pada Injection Well dan Production Well

Perhitungan perpindahan panas pada injection dan *production well* dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = m \times c_p \times (T_{CO_2} - T_{wall})$$

$$Q = 0,3044 \times 17024,8579 \times (31 - 32,2)$$

$$Q = -6737,0768 \text{ W}$$

Nilai besar energi yang hilang menurut perhitungan diatas terjadi pada segment pertama (50 m pertama). Pada segmen kedua, nilai temperatur CO<sub>2</sub> dan dinding tubing sudah berubah, maka diperlukan perhitungan kembali untuk menentukan besar energi yang hilang. Nilai energi yang hilang tiap kedalaman ini digunakan pula untuk menentukan nilai perbedaan temperatur untuk segment selanjutnya. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta T = \frac{-6737,0768}{(2 \times \pi \times 50 \times 0,127 \times 137,2129)}$$

$$\Delta T = -1,2312 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Nilai perbedaan temperatur pada perhitungan diatas terjadi pada segment pertama (50 meter pertama). Pada segmen kedua, nilai perbedaan temperatur berubah dikarenakan perubahan energi yang hilang, maka diperlukan perhitungan kembali untuk menentukan besar energi yang hilang. Perhitungan ini dilangsungkan sesuai segmentasi yang dilakukan dalam perhitungan. Dengan output segment ke-n, akan menjadi input untuk segmen ke n+1.

Halaman ini sengaja dikosongkan

### LAMPIRAN F Contoh Perhitungan Heat Transfer pada Injection Well dan Production Well

Untuk menghitung total energi yang hilang dalam perpindahan aliran uap di *reservoir*, maka diperlukan input karakteristik batuan seperti di tabel F.1 berikut:

**Tabel F. 1** Kondisi input *heat transfer* pada *reservoir*

Input	Nilai
Konduktivitas termal (k)	0,056477 W/mK
Luas penampang aliran pada reservoir (A)	116,6862 m <sup>2</sup>
Jarak injection well dan production well (L)	100 m
Porositas ( $\phi$ )	0,089
Viskositas uap ( $\mu$ )	0,00002339 Pa.s

Perhitungan *heat loss* melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

#### Menghitung Panjang karakteristik ( $L_p$ )

$$L_p = \sqrt[3]{A \times L}$$

$$L_p = \sqrt[3]{116,6862 \times 100}$$

$$L_p = 22,6816$$

#### Menghitung hambatan konduksi ( $R_{\text{konduksi}}$ )

$$R_{\text{konduksi}} = \frac{L_p}{k A_p}$$

$$R_{\text{konduksi}} = \frac{22,6816}{0,02630 \times 116,682}$$

$$R_{\text{konduksi}} = 7,37413$$

**Menghitung Prandl Number (Pr)**

$$Pr = \frac{Cp, k}{\mu}$$

$$Pr = \frac{2486,9 \times 0,00002379}{0,05647}$$

$$Pr = 1,0477$$

**Menghitung Nusselt Number (Nu)**

$$Nu = \frac{0,255}{\phi} Re^{2/3} Pr^{1/3}$$

$$Nu = \frac{0,255}{0,089} 1336,706^{2/3} 1,0477^{1/3}$$

$$Nu = 83,031$$

**Menghitung enthalpy (h)**

$$Nu = \frac{h L_p}{k}$$

$$h = \frac{Nu k}{L_p}$$

$$h = \frac{83,031 \times 0,026360}{22,682}$$

$$h = 0,0964$$

**Menghitung hambatan konveksi ( $R_{Konveksi}$ )**

$$R_{Konveksi} = \frac{1}{h A_p}$$

$$R_{Konveksi} = \frac{1}{0,0964 \times 116,69}$$

**Menghitung loss energi ( $Q_{total loss}$ )**

$$Q_{total\ loss} = \frac{T_1 - T_2}{R_{Konduksi} - R_{Konveksi}}$$

$$Q_{total\ loss} = \frac{48,3668 - 48,33}{7,374133 + 0,0888}$$

$$Q_{total\ loss} = 0,004937$$

Nilai besar energi yang hilang menurut perhitungan diatas terjadi pada segmen pertama (10 meter pertama). Pada segmen kedua, nilai temperatur fluida yang melewati reservoir sudah berubah, maka diperlukan perhitungan kembali untuk menentukan besar energi yang hilang. Nilai energi yang hilang tiap segmen ini digunakan pula untuk menentukan nilai perbedaan temperatur untuk segment selanjutnya. Dengan perhitungan sebagai berikut

$$\Delta T = \frac{Q}{(R_{Konduksi} - R_{Konveksi}) \times m}$$

$$\Delta T = \frac{Q - 0,004937}{(7,374133 - 0,0888) \times 0,3044}$$

$$\Delta T = 0,002173$$

Nilai perubahan temperatur pada perhitungan diatas terjadi pada segment pertama (10 meter pertama). Pada segmen kedua, nilai perbedaan temperatur berubah dikarenakan perubahan energi yang hilang, maka diperlukan perhitungan kembali untuk menentukan besar energi yang hilang. Perhitungan ini dilangsungkan sesuai segmentasi yang dilakukan dalam perhitungan. Dengan output segment ke-n, akan menjadi input untuk segmen ke n+1.

Halaman ini sengaja dikosongkan



### LAMPIRAN G Validasi Model *Injection Well*

Validasi pada *injection well* dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil permodelan gradien tekanan dan temperatur dengan *software* PIPESIM. Pada tabel G.1, divariasikan nilai laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub> dengan tekanan dan temperatur injeksi yang tetap. Nilai variasi penambahan laju aliran massa sebesar 0,01 kg/s dari keadaan awal 0,23 kg/s. Validasi dilakukan dari kedalaman 0 m hingga 1700 m didapatkan rata-rata *error* untuk tekanan dan temperatur masing-masing sebesar 0,399% dan 0,509%.

**Tabel G. 1** Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,23 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	0	1086,506	31,18818	1071	31	1,427144	0,60337
	50	1121,58	32,01099	1112,649	32,16009	0,796298	0,46579
	100	1158,108	32,49969	1153,894	32,70498	0,363863	0,631675
	150	1195,996	33,16876	1195,403	33,20048	0,049598	0,095626
	200	1235,442	33,46815	1237,235	33,6901	0,145118	0,663156
	250	1276,205	34,05589	1279,403	34,17892	0,250618	0,361263
	300	1318,34	34,34649	1321,916	34,66761	0,271279	0,934935
	350	1365,618	34,86864	1364,781	35,15624	0,061282	0,824816
	400	1409,634	35,3063	1408,005	35,64484	0,115559	0,958854
	450	1454,268	35,76442	1451,596	36,13339	0,183757	1,031663
	500	1499,433	36,31362	1495,561	36,6219	0,258246	0,848929
	550	1547,825	36,79115	1539,908	37,11036	0,511481	0,867624
	600	1593,543	37,31131	1584,646	37,59877	0,558321	0,770438
	650	1639,688	37,80969	1629,782	38,08713	0,604125	0,733776
	700	1686,26	38,28878	1675,325	38,57543	0,648447	0,748652
	750	1733,202	38,8075	1721,284	39,06367	0,687612	0,660104
	800	1780,547	39,28196	1767,667	39,55185	0,723353	0,687046
	850	1825,492	39,74509	1814,484	40,03995	0,603036	0,741881
	900	1872,303	40,24934	1861,742	40,52798	0,564052	0,692293
	950	1919,428	40,73229	1909,453	41,01594	0,519711	0,696368
	1000	1976,354	41,31335	1957,624	41,50381	0,947705	0,461003
	1050	2024,078	41,81458	2006,266	41,99159	0,879986	0,423311
	1100	2072,088	42,30197	2055,39	42,47927	0,80587	0,419129

Tabel G, 1 (lanjutan)

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	1150	2115,05	42,72395	2105,004	42,96685	0,474979	0,568539
	1200	2170,462	43,28736	2155,12	43,45433	0,706872	0,385716
	1250	2216,872	43,76222	2205,747	43,94168	0,501821	0,41009
	1300	2272,862	44,30519	2256,898	44,42892	0,702385	0,279266
	1350	2319,718	44,77769	2308,582	44,91602	0,480053	0,308932
	1400	2376,203	45,34632	2360,812	45,40298	0,647728	0,12496
	1450	2424,152	45,81524	2413,598	45,8898	0,435372	0,162735
	1500	2473,623	46,28638	2466,953	46,37645	0,269656	0,194592
	1550	2529,068	46,83396	2520,888	46,86293	0,323435	0,061858
	1600	2575,44	47,28826	2575,416	47,34923	0,000916	0,12893
	1650	2631,299	47,82527	2630,55	47,83533	0,028457	0,021037
	1700	2684,938	48,34634	2686,302	48,32122	0,050816	0,051951

Tabel G, 2 Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi  
0,24 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	0	1086,502	31,23209	1071	31	1,426781	0,743114
	50	1121,468	32,03692	1112,649	32,17069	0,786391	0,417538
	100	1157,892	32,52546	1153,882	32,71114	0,346281	0,570884
	150	1195,683	33,20371	1195,384	33,20578	0,024993	0,006225
	200	1235,042	33,49548	1237,21	33,69529	0,17554	0,59652
	250	1275,737	34,07865	1279,372	34,18414	0,284959	0,309552
	300	1317,817	34,36771	1321,879	34,67288	0,308231	0,887953
	350	1365,054	34,88043	1364,737	35,16157	0,023216	0,806011
	400	1409,039	35,31793	1407,954	35,65022	0,076986	0,940859
	450	1453,648	35,77069	1451,538	36,13883	0,145158	1,029174
	500	1498,79	36,31966	1495,496	36,6274	0,21979	0,847309

Tabel G, 2 (lanjutan)

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	550	1547,16	36,79654	1539,836	37,11592	0,473396	0,867964
	600	1592,86	37,31587	1584,566	37,60439	0,520703	0,773188
	650	1638,987	37,81708	1629,694	38,09281	0,566972	0,729116
	700	1685,543	38,29256	1675,23	38,58117	0,611874	0,753703
	750	1732,47	38,81137	1721,18	39,06947	0,651666	0,66502
	800	1779,799	39,28672	1767,555	39,55771	0,687966	0,689777
	850	1824,731	39,74753	1814,362	40,04588	0,568245	0,750611
	900	1871,53	40,25196	1861,612	40,53397	0,529961	0,700623
	950	1918,642	40,73638	1909,313	41,02199	0,48625	0,701122
	1000	1975,554	41,31534	1957,475	41,50993	0,915161	0,470977
	1050	2023,267	41,81684	2006,107	41,99777	0,848131	0,432675
	1100	2071,264	42,30598	2055,22	42,48552	0,77459	0,424389
	1150	2114,217	42,72564	2104,824	42,97317	0,444275	0,579352
	1200	2169,617	43,28889	2154,929	43,46071	0,676984	0,396925
	1250	2216,018	43,76394	2205,546	43,94814	0,472573	0,420899
	1300	2271,996	44,3064	2256,685	44,43545	0,673906	0,291262
	1350	2318,844	44,77878	2308,358	44,92262	0,452225	0,32123
	1400	2375,318	45,34766	2360,575	45,40966	0,620666	0,136718
	1450	2423,259	45,81779	2413,349	45,89655	0,408945	0,171888
	1500	2472,721	46,28684	2466,691	46,38327	0,243845	0,208339
	1550	2528,157	46,83452	2520,614	46,86983	0,298366	0,075398
	1600	2574,521	47,28882	2575,129	47,35621	0,023609	0,142506
	1650	2630,371	47,82578	2630,249	47,84239	0,004641	0,034736
	1700	2684,001	48,34665	2685,987	48,32837	0,073996	0,037814

**Tabel G, 3** Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,25 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,25	0	1086,499	31,27223	1071	31	1,426508	0,870517
	50	1121,362	32,06173	1112,649	32,18092	0,777012	0,37174
	100	1157,686	32,55076	1153,871	32,71694	0,329519	0,51052
	150	1195,381	33,23838	1195,366	33,21079	0,001227	0,083019
	200	1234,653	33,5233	1237,186	33,70021	0,205182	0,527721
	250	1275,28	34,10189	1279,343	34,18909	0,318575	0,255717
	300	1317,303	34,38968	1321,843	34,67788	0,344663	0,83805
	350	1364,5	34,89259	1364,695	35,16663	0,014304	0,785375
	400	1408,454	35,32979	1407,906	35,65533	0,038915	0,921443
	450	1453,037	35,77719	1451,483	36,144	0,106952	1,025262
	500	1498,157	36,32571	1495,434	36,63262	0,181755	0,844891
	550	1546,505	36,80208	1539,767	37,1212	0,435693	0,867124
	600	1592,187	37,32043	1584,49	37,60973	0,483431	0,775171
	650	1638,295	37,82448	1629,611	38,0982	0,53007	0,723665
	700	1684,836	38,2964	1675,138	38,58662	0,57558	0,757831
	750	1731,748	38,81523	1721,081	39,07498	0,615966	0,6692
	800	1779,061	39,29155	1767,447	39,56328	0,652794	0,691567
	850	1823,981	39,75001	1814,247	40,05151	0,533694	0,758478
	900	1870,767	40,25455	1861,487	40,53966	0,496027	0,708268
	950	1917,867	40,74061	1909,18	41,02774	0,45297	0,704771
	1000	1974,765	41,31735	1957,332	41,51573	0,882766	0,480146
	1050	2022,467	41,81909	2005,956	42,00364	0,816396	0,441308
	1100	2070,452	42,30999	2055,059	42,49145	0,743452	0,428894
	1150	2113,396	42,72735	2104,653	42,97917	0,413686	0,589362
	1200	2168,785	43,29042	2154,748	43,46678	0,647229	0,407379
	1250	2215,176	43,76564	2205,354	43,95427	0,443387	0,430999
	1300	2271,143	44,30767	2256,483	44,44164	0,645505	0,302368
	1350	2317,982	44,77987	2308,144	44,92889	0,424405	0,332772
	1400	2374,445	45,349	2360,351	45,41599	0,593586	0,147721
	1450	2422,377	45,82041	2413,113	45,90295	0,382435	0,180133
	1500	2471,831	46,28729	2466,443	46,38975	0,217968	0,221352
	1550	2527,258	46,83508	2520,353	46,87638	0,273208	0,088181
	1600	2573,614	47,28938	2574,856	47,36283	0,048246	0,155324
	1650	2629,455	47,82633	2629,963	47,84909	0,019312	0,047593
	1700	2683,078	48,34696	2685,688	48,33515	0,097261	0,024436

**Tabel G, 4** Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi

0,26 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,26	0	1086,496	31,29835	1071	31	1,426236	0,953245
	50	1121,263	32,08549	1112,649	32,19081	0,768252	0,328247
	100	1157,489	32,57558	1153,86	32,7224	0,313495	0,450704
	150	1195,09	33,27272	1195,349	33,21553	0,021692	0,171876
	200	1234,275	33,55154	1237,164	33,70489	0,234034	0,457052
	250	1274,833	34,12557	1279,314	34,19381	0,351532	0,199954
	300	1316,799	34,41254	1321,809	34,68264	0,380485	0,784896
	350	1363,955	34,90517	1364,655	35,17144	0,051337	0,762835
	400	1407,877	35,34196	1407,86	35,6602	0,001221	0,900451
	450	1452,435	35,78393	1451,431	36,14892	0,069157	1,019969
	500	1497,532	36,33178	1495,375	36,63759	0,144029	0,841717
	550	1545,858	36,80778	1539,701	37,12622	0,398264	0,865146
	600	1591,522	37,32502	1584,417	37,6148	0,446402	0,776375
	650	1637,613	37,83189	1629,531	38,10333	0,493502	0,717494
	700	1684,137	38,3003	1675,052	38,59181	0,539471	0,761105
	750	1731,035	38,81908	1720,987	39,08022	0,580482	0,672711
	800	1778,333	39,29648	1767,345	39,56857	0,617864	0,692407
	850	1823,241	39,75254	1814,136	40,05686	0,499358	0,765525
	900	1870,014	40,25713	1861,369	40,54507	0,46228	0,715247
	950	1917,1	40,74504	1909,053	41,0332	0,419748	0,707235
	1000	1973,985	41,31937	1957,197	41,52126	0,850453	0,488601
	1050	2021,676	41,82132	2005,811	42,00922	0,784721	0,4493
	1100	2069,65	42,31408	2054,906	42,4971	0,712397	0,43252
	1150	2112,585	42,7291	2104,49	42,98487	0,383158	0,598588
	1200	2167,962	43,29194	2154,576	43,47254	0,617464	0,417168
	1250	2214,343	43,76733	2205,172	43,9601	0,414168	0,440434
	1300	2270,299	44,30899	2256,29	44,44753	0,617049	0,312673
	1350	2317,13	44,78095	2307,941	44,93484	0,396553	0,34365
	1400	2373,583	45,35032	2360,137	45,42201	0,566492	0,158082
	1450	2421,505	45,82309	2412,888	45,90904	0,355848	0,187559
	1500	2470,951	46,28774	2466,207	46,3959	0,191993	0,233677
	1550	2526,369	46,83562	2520,105	46,88261	0,24793	0,10032
	1600	2572,718	47,28994	2574,596	47,36913	0,072985	0,167453
	1650	2628,55	47,82696	2629,69	47,85546	0,043389	0,059592
	1700	2682,165	48,34727	2685,403	48,34159	0,120708	0,011749

**Tabel G, 5** Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,27 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,27	0	1086,494	31,32256	1071	31	1,426055	1,029801
	50	1121,169	32,10818	1112,649	32,20039	0,759932	0,287188
	100	1157,301	32,59984	1153,85	32,72755	0,29821	0,391762
	150	1194,809	33,30666	1195,333	33,22004	0,043843	0,26007
	200	1233,908	33,58013	1237,142	33,70934	0,262089	0,384791
	250	1274,397	34,14972	1279,287	34,1983	0,383743	0,142242
	300	1316,306	34,43607	1321,777	34,68718	0,415608	0,729204
	350	1363,42	34,91818	1364,617	35,17602	0,087794	0,738424
	400	1407,31	35,35429	1407,816	35,66483	0,035939	0,878371
	450	1451,843	35,79088	1451,38	36,1536	0,031856	1,013443
	500	1496,917	36,33788	1495,319	36,64233	0,10676	0,83782
	550	1536,171	36,71874	1539,639	37,13101	0,225742	1,122769
	600	1581,704	37,22373	1584,348	37,61964	0,167176	1,063593
	650	1636,941	37,83953	1629,455	38,10822	0,457292	0,710077
	700	1683,45	38,3043	1674,969	38,59675	0,503806	0,76348
	750	1730,332	38,82292	1720,897	39,08521	0,545294	0,675613
	800	1777,615	39,30155	1767,248	39,57362	0,583203	0,692256
	850	1822,511	39,75513	1814,032	40,06195	0,465265	0,771787
	900	1869,272	40,25971	1861,257	40,55022	0,428803	0,721592
	950	1916,346	40,74948	1908,932	41,03841	0,386871	0,709042
	1000	1973,217	41,32142	1957,068	41,52652	0,818403	0,496353
	1050	2020,897	41,82354	2005,674	42,01454	0,753281	0,456687
	1100	2068,859	42,31831	2054,76	42,50247	0,681505	0,435186
	1150	2120,966	42,8246	2104,335	42,99031	0,784111	0,38694
	1200	2167,151	43,29346	2154,411	43,47803	0,587859	0,42633
	1250	2213,522	43,76902	2204,998	43,96565	0,385087	0,449241
	1300	2269,467	44,31036	2256,107	44,45314	0,588705	0,322238
	1350	2316,29	44,78203	2307,748	44,94051	0,368791	0,3539
	1400	2372,732	45,35164	2359,933	45,42775	0,539423	0,167815
	1450	2420,646	45,8259	2412,674	45,91484	0,329348	0,194072
	1500	2479,319	46,37966	2465,982	46,40177	0,537945	0,047669
	1550	2525,493	46,83617	2519,869	46,88854	0,222692	0,111808
	1600	2581,11	47,38166	2574,348	47,37513	0,261988	0,013787
	1650	2627,657	47,82765	2629,431	47,86153	0,067505	0,070836
	1700	2681,264	48,34757	2685,131	48,34773	0,144216	0,000328



**Tabel G, 6** Validasi model *injection well* dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,28 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,28	0	1086,491	31,34506	1071	31	1,425783	1,100843
	50	1121,08	32,12982	1112,649	32,20968	0,752054	0,248557
	100	1157,122	32,6235	1153,84	32,73243	0,283668	0,333885
	150	1194,539	33,34013	1195,317	33,22433	0,065136	0,347333
	200	1233,552	33,60897	1237,121	33,7136	0,289337	0,311302
	250	1273,972	34,17427	1279,261	34,20258	0,415197	0,082847
	300	1315,824	34,46022	1321,746	34,69151	0,450023	0,671183
	350	1362,895	34,93163	1364,58	35,1804	0,123666	0,712171
	400	1406,754	35,36682	1407,774	35,66926	0,072481	0,855146
	450	1451,26	35,79807	1451,333	36,15807	0,005003	1,00565
	500	1496,313	36,34402	1495,265	36,64685	0,070033	0,833224
	550	1544,595	36,81963	1539,579	37,13558	0,324752	0,858092
	600	1590,224	37,33429	1584,282	37,62426	0,373653	0,776678
	650	1636,279	37,84716	1629,383	38,11289	0,421457	0,702106
	700	1682,773	38,30837	1674,889	38,60146	0,468487	0,765088
	750	1729,641	38,82675	1720,811	39,08998	0,510539	0,67796
	800	1776,909	39,30667	1767,155	39,57843	0,548943	0,691396
	850	1821,792	39,75777	1813,931	40,06682	0,431491	0,77734
	900	1868,541	40,26227	1861,149	40,55514	0,395619	0,727408
	950	1915,602	40,75395	1908,817	41,04338	0,35421	0,710197
	1000	1972,46	41,32349	1956,945	41,53155	0,786592	0,503479
	1050	2020,129	41,82574	2005,543	42,01962	0,722057	0,463545
	1100	2068,08	42,32251	2054,62	42,50761	0,650852	0,437346
	1150	2110,997	42,73274	2104,187	42,99549	0,322599	0,614875
	1200	2166,352	43,29498	2154,254	43,48328	0,558446	0,434915
	1250	2212,714	43,77068	2204,832	43,97095	0,35622	0,45754
	1300	2268,648	44,31178	2255,931	44,4585	0,560551	0,331114
	1350	2315,462	44,78311	2307,563	44,94593	0,341153	0,363574
	1400	2371,894	45,35294	2359,738	45,43322	0,512497	0,177018
	1450	2419,799	45,82871	2412,469	45,92037	0,302928	0,200009
	1500	2469,229	46,28865	2465,766	46,40737	0,140231	0,256471
	1550	2524,63	46,83671	2519,643	46,8942	0,197534	0,122741
	1600	2570,963	47,29103	2574,111	47,38085	0,122442	0,189938
	1650	2626,777	47,82839	2629,183	47,86732	0,091584	0,081397
	1700	2680,377	48,34787	2684,871	48,35359	0,167669	0,011826

Pada tabel G,9 divariasikan nilai tekanan injeksi CO<sub>2</sub> dengan penambahan sebesar 5,8 psia dari keadaan awal 1120 psia dengan kondisi temperatur dan laju aliran massa injeksi yang konstan, Didapatkan rata-rata error tekanan dan temperatur masing-masing sebesar 1,788% dan 0,858%.

**Tabel G, 7** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1122 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	0	1141,212	30,29721	1122	31	1,683473	2,319653
	50	1182,693	31,64162	1164,715	32,24592	1,520113	1,909817
	100	1224,519	32,22033	1206,954	32,7502	1,434457	1,644533
	150	1266,937	32,87897	1249,522	33,24032	1,374593	1,099038
	200	1310,202	33,3747	1292,441	33,72956	1,355585	1,063272
	250	1354,3	33,82354	1335,72	34,21872	1,371922	1,168345
	300	1399,114	34,34185	1379,366	34,70783	1,411443	1,065697
	350	1448,986	34,811	1423,388	35,19691	1,766648	1,108583
	400	1495,089	35,32571	1467,792	35,68595	1,825804	1,019769
	450	1541,691	35,76229	1512,587	36,17495	1,887824	1,153902
	500	1588,733	36,27661	1557,781	36,66391	1,94824	1,067629
	550	1629,568	36,74213	1603,382	37,15282	1,606912	1,117767
	600	1676,881	37,1926	1649,4	37,64168	1,63882	1,207454
	650	1734,122	37,81403	1695,842	38,13049	2,207433	0,836892
	700	1782,226	38,29876	1742,719	38,61924	2,216741	0,836801
	750	1830,665	38,79222	1790,038	39,10794	2,219259	0,813864
	800	1879,413	39,30014	1837,809	39,59656	2,213663	0,754252
	850	1925,664	39,75363	1886,042	40,08512	2,057566	0,833858
	900	1973,807	40,23668	1934,747	40,5736	1,978931	0,837349
	950	2022,195	40,73947	1983,933	41,062	1,892121	0,791701



Tabel G, 7 (lanjutan)

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	1000	2080,613	41,31964	2033,61	41,55032	2,25909	0,55829
	1050	2129,565	41,80327	2083,789	42,03855	2,149527	0,56283
	1100	2178,74	42,30323	2134,481	42,52668	2,031391	0,528216
	1150	2232,127	42,84167	2185,696	43,01471	2,080104	0,403907
	1200	2279,445	43,27901	2237,446	43,50263	1,842512	0,516689
	1250	2326,909	43,75069	2289,741	43,99043	1,597307	0,547963
	1300	2384,114	44,32119	2342,593	44,4781	1,74155	0,354032
	1350	2431,994	44,77888	2396,015	44,96564	1,479413	0,417071
	1400	2489,686	45,33583	2450,017	45,45303	1,593331	0,258525
	1450	2538,608	45,81506	2504,613	45,94027	1,339132	0,273305
	1500	2598,492	46,38597	2559,814	46,42735	1,488472	0,089208
	1550	2645,627	46,82881	2615,634	46,91425	1,133668	0,182449
	1600	2702,36	47,37356	2672,086	47,40096	1,120264	0,057833
	1650	2749,799	47,82994	2729,184	47,88746	0,749701	0,120268
	1700	2804,428	48,35262	2786,94	48,37375	0,623585	0,043705

Tabel G, 8 Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1127,8 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	0	1147,183	30,28095	1127,8	31	1,689617	2,374595
	50	1189,015	31,67461	1170,636	32,24758	1,545738	1,808941
	100	1231,177	32,20293	1212,997	32,75097	1,476641	1,701845
	150	1273,9	32,89412	1255,69	33,24103	1,429441	1,054627
	200	1317,462	33,33794	1298,738	33,73028	1,421231	1,176843
	250	1361,795	33,82125	1342,148	34,21944	1,442757	1,177323
	300	1406,835	34,30491	1385,927	34,70856	1,486146	1,17665
	350	1456,912	34,80947	1430,085	35,19765	1,841366	1,115147
	400	1503,197	35,3302	1474,628	35,6867	1,900539	1,009043
	450	1549,968	35,75705	1519,565	36,17571	1,961512	1,170836
	500	1597,166	36,27937	1564,904	36,66467	2,019934	1,062044
	550	1638,14	36,72056	1610,654	37,15359	1,677882	1,179264

Tabel G, 8 (lanjutan)

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	600	1685,596	37,19146	1656,823	37,64246	1,707009	1,212649
	650	1743,004	37,81651	1703,419	38,13128	2,271051	0,832357
	700	1791,247	38,29042	1750,453	38,62004	2,277395	0,860834
	750	1839,81	38,79312	1797,933	39,10873	2,276152	0,813585
	800	1888,685	39,30213	1845,869	39,59737	2,266995	0,751199
	850	1935,054	39,74667	1894,269	40,08593	2,107682	0,853554
	900	1983,309	40,2375	1943,145	40,57442	2,025111	0,83732
	950	2031,81	40,74104	1992,505	41,06282	1,934467	0,789828
	1000	2090,364	41,31307	2042,361	41,55115	2,296393	0,576273
	1050	2139,418	41,80389	2092,722	42,03938	2,182633	0,563314
	1100	2188,698	42,3044	2143,6	42,52751	2,060495	0,527392
	1150	2242,201	42,82954	2195,005	43,01554	2,104905	0,434278
	1200	2289,611	43,27885	2246,948	43,50346	1,863332	0,518976
	1250	2337,166	43,75159	2299,441	43,99126	1,614144	0,547787
	1300	2394,483	44,32218	2352,495	44,47893	1,753534	0,353653
	1350	2442,456	44,77394	2406,122	44,96646	1,48759	0,429987
	1400	2500,25	45,33641	2460,335	45,45385	1,596444	0,259046
	1450	2549,26	45,8158	2515,145	45,94109	1,338221	0,273456
	1500	2609,252	46,3864	2570,566	46,42815	1,482648	0,090012
	1550	2656,468	46,82888	2626,61	46,91504	1,123973	0,183993
	1600	2713,293	47,37391	2683,291	47,40174	1,105757	0,058744
	1650	2760,812	47,83029	2740,621	47,88823	0,731336	0,12114
	1700	2815,533	48,35298	2798,616	48,3745	0,600859	0,044514

**Tabel G, 9** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1133,6 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1133,6	0	1153,153	30,26367	1133,6	31	1,695612	2,433049
	50	1195,342	31,63599	1176,557	32,24925	1,571503	1,938497
	100	1237,827	32,18921	1219,04	32,75174	1,517735	1,747572
	150	1280,848	32,91245	1261,859	33,24174	1,482538	1,000491
	200	1324,689	33,3113	1305,035	33,73098	1,483703	1,259885
	250	1369,248	33,82179	1348,575	34,22015	1,509796	1,17783
	300	1414,504	34,27912	1392,488	34,70929	1,556413	1,25489
	350	1464,78	34,8097	1436,782	35,19838	1,911391	1,116591
	400	1511,244	35,3181	1481,465	35,68744	1,970514	1,045755
	450	1558,177	35,75434	1526,544	36,17646	2,03014	1,180609
	500	1605,529	36,28254	1572,028	36,66543	2,086604	1,05531
	550	1656,106	36,79347	1617,926	37,15436	2,30543	0,980855
	600	1703,796	37,29513	1664,246	37,64324	2,321313	0,933386
	650	1751,805	37,81908	1710,997	38,13206	2,329506	0,827574
	700	1800,18	38,28575	1758,188	38,62083	2,332665	0,875199
	750	1848,866	38,79438	1805,829	39,10953	2,327777	0,812362
	800	1897,867	39,30414	1853,928	39,59817	2,315172	0,748086
	850	1944,35	39,74296	1902,496	40,08674	2,152581	0,864999
	900	1992,714	40,2386	1951,543	40,57523	2,066081	0,836581
	950	2041,327	40,74261	2001,078	41,06364	1,971705	0,787946
	1000	2100,012	41,30969	2051,112	41,55197	2,328556	0,586486
	1050	2149,168	41,80474	2101,655	42,0402	2,210746	0,563235
	1100	2198,552	42,30558	2152,719	42,52833	2,0847	0,526535
	1150	2242,719	42,73533	2204,313	43,01636	1,712463	0,657615
	1200	2299,666	43,27917	2256,45	43,50428	1,879227	0,520138
	1250	2347,312	43,75251	2309,141	43,99208	1,626177	0,547555
	1300	2404,74	44,32316	2362,397	44,47975	1,760834	0,353287
	1350	2452,802	44,77169	2416,23	44,96728	1,491034	0,43686
	1400	2510,696	45,33706	2470,653	45,45466	1,594901	0,2594
	1450	2559,793	45,81654	2525,678	45,94189	1,332726	0,273595
	1500	2610,432	46,29527	2581,318	46,42895	1,115297	0,288757
	1550	2667,185	46,82914	2637,586	46,91583	1,109755	0,185119
	1600	2714,613	47,28314	2694,495	47,40251	0,741105	0,252468
	1650	2771,698	47,83064	2752,059	47,88899	0,708563	0,121998
	1700	2826,51	48,35333	2810,291	48,37525	0,573802	0,045329

**Tabel G, 10** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1139,4 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1139,4	0	1159,123	30,24528	1139,4	31	1,701545	2,495332
	50	1201,654	31,59144	1182,478	32,25092	1,595769	2,087528
	100	1244,436	32,18363	1225,083	32,7525	1,555147	1,767579
	150	1287,744	32,93553	1268,028	33,24244	1,531086	0,931848
	200	1331,841	33,29311	1311,331	33,73169	1,539952	1,317333
	250	1376,617	33,82457	1355,003	34,22087	1,570102	1,171629
	300	1422,079	34,26138	1399,05	34,71001	1,61942	1,309433
	350	1472,547	34,81116	1443,48	35,19912	1,973943	1,114456
	400	1519,186	35,29455	1488,301	35,68818	2,032975	1,115278
	450	1566,272	35,75342	1533,522	36,17721	2,090921	1,185309
	500	1613,776	36,28598	1579,152	36,66619	2,145549	1,047817
	550	1664,509	36,78703	1625,197	37,15513	2,361755	1,000613
	600	1712,332	37,29664	1671,668	37,64401	2,374748	0,931372
	650	1760,477	37,82167	1718,574	38,13284	2,380222	0,822731
	700	1808,979	38,28341	1765,922	38,62161	2,380156	0,883419
	750	1857,786	38,79583	1813,724	39,11032	2,371751	0,810637
	800	1906,91	39,30615	1861,988	39,59897	2,355765	0,744965
	850	1953,501	39,74117	1910,723	40,08754	2,189791	0,871564
	900	2001,972	40,23985	1959,941	40,57604	2,099475	0,835457
	950	2050,696	40,74417	2009,651	41,06445	2,001522	0,786081
	1000	2109,508	41,30817	2059,863	41,55278	2,353387	0,592161
	1050	2158,763	41,80571	2110,588	42,04102	2,231582	0,562858
	1100	2208,248	42,30675	2161,838	42,52915	2,101682	0,525692
	1150	2252,506	42,72703	2213,622	43,01718	1,726263	0,679088
	1200	2309,558	43,27975	2265,952	43,5051	1,888057	0,520686
	1250	2357,293	43,75343	2318,84	43,9929	1,631217	0,547312
	1300	2414,83	44,32413	2372,298	44,48056	1,761274	0,352932
	1350	2462,977	44,77084	2426,338	44,96809	1,487605	0,440582
	1400	2520,97	45,33774	2480,971	45,45547	1,586653	0,259677
	1450	2570,152	45,81726	2536,211	45,94269	1,320591	0,273766
	1500	2620,881	46,28873	2592,07	46,42974	1,099286	0,304637
	1550	2677,723	46,82943	2648,562	46,91661	1,089033	0,186167
	1600	2725,226	47,28348	2705,699	47,40328	0,716516	0,253374
	1650	2782,403	47,83098	2763,497	47,88975	0,679501	0,122864
	1700	2837,304	48,34612	2821,967	48,37599	0,540534	0,061774

Tabel G, 11 Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1145,2 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1145,2	0	1165,093	30,22567	1145,2	31	1,707417	2,561829
	50	1207,966	31,54895	1188,4	32,25259	1,619781	2,230304
	100	1251,034	32,18069	1231,126	32,75326	1,591298	1,77923
	150	1294,624	32,86934	1274,196	33,24314	1,5779	1,13723
	200	1338,96	33,28111	1317,628	33,7324	1,593175	1,355982
	250	1383,948	33,82899	1361,43	34,22158	1,627064	1,160519
	300	1429,606	34,24942	1405,611	34,71073	1,678456	1,346918
	350	1480,261	34,8135	1450,177	35,19985	2,032331	1,109758
	400	1527,07	35,27827	1495,138	35,68892	2,091067	1,164035
	450	1574,305	35,75383	1540,501	36,17796	2,147223	1,186239
	500	1621,958	36,28961	1586,275	36,66695	2,199974	1,039791
	550	1672,842	36,78345	1632,469	37,15589	2,41343	1,012517
	600	1720,796	37,29849	1679,091	37,64478	2,423569	0,92843
	650	1769,076	37,81041	1726,151	38,13362	2,426412	0,854811
	700	1817,699	38,2825	1773,657	38,6224	2,422945	0,887864
	750	1866,624	38,7974	1821,619	39,11111	2,411015	0,808592
	800	1915,87	39,29254	1870,047	39,59976	2,391744	0,781884
	850	1962,566	39,74057	1918,951	40,08834	2,222367	0,8751
	900	2011,143	40,2412	1968,339	40,57684	2,128326	0,834073
	950	2059,976	40,74572	2018,224	41,06526	2,026832	0,784231
	1000	2118,91	41,30772	2068,614	41,55359	2,373661	0,595221
	1050	2168,263	41,80674	2119,522	42,04183	2,247947	0,562327
	1100	2217,849	42,30791	2170,957	42,52997	2,114319	0,524864
	1150	2262,194	42,72286	2222,93	43,018	1,73564	0,690825
	1200	2319,35	43,28047	2275,455	43,50592	1,892577	0,520898
	1250	2367,173	43,75435	2328,54	43,99371	1,632014	0,547058
	1300	2424,818	44,31415	2382,2	44,48138	1,757575	0,377364
	1350	2473,047	44,77072	2436,445	44,9689	1,480018	0,442654
	1400	2531,137	45,33844	2491,289	45,45627	1,574306	0,259898
	1450	2580,403	45,81798	2546,744	45,94349	1,304417	0,273926
	1500	2631,219	46,28406	2602,822	46,43053	1,079224	0,316457
	1550	2688,149	46,82973	2659,538	46,91739	1,064346	0,187182
	1600	2735,726	47,28381	2716,904	47,40405	0,68801	0,254287
	1650	2792,994	47,83132	2774,934	47,89049	0,6466	0,123716
	1700	2847,982	48,343	2833,644	48,37672	0,503459	0,069743

Tabel G, 12 Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1151 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1151	0	1171,063	30,2047	1151	31	1,71323	2,633034
	50	1214,266	31,51241	1194,321	32,25425	1,642572	2,354135
	100	1257,609	32,18216	1237,169	32,75401	1,62527	1,776921
	150	1301,469	32,81865	1280,365	33,24384	1,621573	1,29557
	200	1346,029	33,2739	1323,925	33,7331	1,64218	1,380056
	250	1391,224	33,83465	1367,858	34,22229	1,679539	1,145698
	300	1437,068	34,24188	1412,172	34,71145	1,732429	1,371337
	350	1487,906	34,81648	1456,875	35,20057	2,085571	1,103196
	400	1534,879	35,26774	1501,975	35,68966	2,14378	1,196328
	450	1582,259	35,75526	1547,48	36,1787	2,198068	1,184275
	500	1630,06	36,29338	1593,399	36,6677	2,249053	1,031368
	550	1681,087	36,78172	1639,741	37,15665	2,459485	1,019334
	600	1729,17	37,30056	1686,514	37,64555	2,466834	0,924886
	650	1777,581	37,79457	1733,728	38,13439	2,466996	0,899128
	700	1826,323	38,28253	1781,392	38,62318	2,460196	0,889823
	750	1875,365	38,79905	1829,515	39,1119	2,444861	0,806332
	800	1924,73	39,281	1878,107	39,60055	2,422316	0,813508
	850	1971,526	39,74072	1927,178	40,08914	2,249434	0,876725
	900	2020,209	40,2426	1976,738	40,57764	2,151826	0,832556
	950	2069,149	40,73899	2026,797	41,06607	2,046848	0,802856
	1000	2128,2	41,30789	2077,365	41,5544	2,388616	0,596763
	1050	2177,651	41,80781	2128,455	42,04264	2,25914	0,561691
	1100	2227,335	42,30906	2180,076	42,53078	2,12179	0,524049
	1150	2271,765	42,72074	2232,239	43,01881	1,739873	0,697722
	1200	2329,023	43,28124	2284,957	43,50673	1,892043	0,520984
	1250	2376,932	43,75527	2338,24	43,99452	1,627793	0,546795
	1300	2434,682	44,30662	2392,102	44,48218	1,748897	0,396244
	1350	2482,991	44,77097	2446,553	44,9697	1,467487	0,443886
	1400	2541,178	45,33914	2501,607	45,45707	1,557172	0,260107
	1450	2590,527	45,81869	2557,277	45,94428	1,283528	0,274095
	1500	2641,426	46,28298	2613,575	46,43131	1,054408	0,320484
	1550	2698,443	46,83004	2670,514	46,91816	1,035004	0,188162
	1600	2746,093	47,28414	2728,109	47,4048	0,654905	0,255188
	1650	2803,45	47,83165	2786,373	47,89124	0,609157	0,124575
	1700	2858,522	48,34236	2845,32	48,37744	0,46185	0,072564



**Tabel G, 13** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1156,8 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1156,8	0	1177,033	30,18223	1156,8	31	1,718983	2,709442
	50	1220,549	31,48573	1200,242	32,25592	1,663758	2,446161
	100	1264,147	32,18966	1243,213	32,75476	1,656011	1,755535
	150	1308,264	32,78145	1286,533	33,24453	1,66103	1,412642
	200	1353,034	33,27056	1330,222	33,7338	1,686023	1,392339
	250	1398,433	33,80669	1374,285	34,223	1,726758	1,231448
	300	1444,451	34,23745	1418,733	34,71217	1,780472	1,386549
	350	1495,47	34,81988	1463,572	35,2013	2,132966	1,095408
	400	1542,599	35,26126	1508,811	35,69039	2,190315	1,217007
	450	1590,12	35,75738	1554,459	36,17944	2,242687	1,180351
	500	1638,066	36,27324	1600,523	36,66845	2,29192	1,089531
	550	1679,66	36,6798	1647,013	37,15741	1,943684	1,302095
	600	1727,772	37,19767	1693,937	37,64631	1,958291	1,206103
	650	1785,98	37,78468	1741,305	38,13516	2,501406	0,927579
	700	1834,836	38,28314	1789,127	38,62395	2,491196	0,890247
	750	1883,993	38,80073	1837,41	39,11268	2,472542	0,803986
	800	1933,473	39,27402	1886,167	39,60134	2,446703	0,833433
	850	1980,368	39,74132	1935,405	40,08993	2,270432	0,877198
	900	2029,154	40,24402	1985,136	40,57844	2,16928	0,83098
	950	2078,199	40,72702	2035,37	41,06687	2,060887	0,83445
	1000	2137,365	41,30842	2086,117	41,5552	2,39773	0,597419
	1050	2186,911	41,80888	2137,388	42,04345	2,264514	0,561046
	1100	2236,693	42,30555	2189,195	42,53159	2,123593	0,534298
	1150	2290,719	42,8134	2241,548	43,01962	2,146533	0,481671
	1200	2338,562	43,28205	2294,459	43,50754	1,885888	0,520967
	1250	2386,557	43,75617	2347,941	43,99533	1,618078	0,546566
	1300	2444,408	44,30283	2402,004	44,48298	1,734738	0,406643
	1350	2492,795	44,77142	2456,661	44,9705	1,449518	0,444658
	1400	2551,077	45,33984	2511,926	45,45786	1,534688	0,260306
	1450	2600,508	45,81939	2567,81	45,94506	1,257366	0,274275
	1500	2661,007	46,37418	2624,327	46,43208	1,378422	0,124864
	1550	2708,589	46,83033	2681,49	46,91892	1,00047	0,189173
	1600	2765,86	47,37557	2739,314	47,40555	0,959788	0,06329
	1650	2813,757	47,83198	2797,811	47,89197	0,566721	0,125421
	1700	2868,909	48,34238	2856,996	48,37816	0,41523	0,074006

**Tabel G, 14** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1162,6 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1162,6	0	1183,003	30,1581	1162,6	31	1,724679	2,791621
	50	1226,813	31,46673	1206,163	32,25759	1,683204	2,513316
	100	1270,654	32,20201	1249,256	32,75551	1,684036	1,718823
	150	1315,014	32,75454	1292,702	33,24523	1,696716	1,498078
	200	1359,985	33,27011	1336,518	33,7345	1,725511	1,395809
	250	1405,58	33,77504	1380,713	34,22371	1,76916	1,328403
	300	1451,766	34,23529	1425,294	34,71288	1,823427	1,395035
	350	1502,961	34,82358	1470,27	35,20202	2,175131	1,086745
	400	1550,24	35,25745	1515,648	35,69112	2,231404	1,230021
	450	1597,9	35,75994	1561,437	36,18018	2,281912	1,175176
	500	1645,987	36,25791	1607,647	36,6692	2,329325	1,134334
	550	1687,69	36,67921	1654,285	37,15816	1,979358	1,305782
	600	1735,926	37,19981	1701,36	37,64707	1,991203	1,202328
	650	1794,283	37,77872	1748,883	38,13593	2,530277	0,945535
	700	1843,251	38,28412	1796,861	38,62473	2,516725	0,889687
	750	1892,523	38,80243	1845,306	39,11346	2,494919	0,80158
	800	1942,113	39,27015	1894,226	39,60213	2,465696	0,84537
	850	1989,105	39,74223	1943,632	40,09072	2,286082	0,876877
	900	2037,992	40,24544	1993,534	40,57923	2,181442	0,829396
	950	2087,14	40,72012	2043,943	41,06766	2,069688	0,853495
	1000	2146,417	41,30916	2094,868	41,556	2,401625	0,597554
	1050	2196,057	41,80996	2146,321	42,04425	2,264765	0,560367
	1100	2245,935	42,29389	2198,314	42,53239	2,120323	0,563914
	1150	2300,055	42,81365	2250,857	43,02042	2,138999	0,482961
	1200	2347,98	43,28287	2303,962	43,50834	1,874723	0,520918
	1250	2396,06	43,75707	2357,641	43,99613	1,603428	0,546328
	1300	2454,01	44,30105	2411,906	44,48378	1,715721	0,412477
	1350	2502,473	44,77197	2466,77	44,97129	1,426722	0,445195
	1400	2560,849	45,34053	2522,244	45,45865	1,507488	0,260515
	1450	2610,361	45,82008	2578,343	45,94584	1,226557	0,274465
	1500	2670,951	46,37444	2635,08	46,43285	1,343015	0,125962
	1550	2718,603	46,83063	2692,467	46,91968	0,961381	0,19015
	1600	2775,959	47,37589	2750,519	47,4063	0,916451	0,064186
	1650	2823,929	47,83231	2809,249	47,8927	0,519833	0,126253
	1700	2879,158	48,34256	2868,673	48,37887	0,364165	0,075102



**Tabel G, 15** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1168,4 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1168,4	0	1188,972	30,13209	1168,4	31	1,730234	2,880351
	50	1233,062	31,45275	1212,084	32,25926	1,701256	2,56418
	100	1277,137	32,21791	1255,299	32,75625	1,70993	1,670922
	150	1321,725	32,7356	1298,871	33,24592	1,729137	1,558915
	200	1366,89	33,27185	1342,815	33,73519	1,761291	1,392599
	250	1412,676	33,75222	1387,141	34,22441	1,807588	1,398999
	300	1459,022	34,23479	1431,855	34,7136	1,861982	1,398599
	350	1510,393	34,81334	1476,967	35,20274	2,213058	1,118551
	400	1557,814	35,25547	1522,485	35,69185	2,267885	1,237775
	450	1605,61	35,76281	1568,416	36,18092	2,316497	1,169118
	500	1653,835	36,24779	1614,77	36,66994	2,36206	1,164624
	550	1705,265	36,78278	1661,556	37,15891	2,563154	1,022578
	600	1753,724	37,30738	1708,783	37,64783	2,562593	0,912561
	650	1802,504	37,77533	1756,46	38,1367	2,554447	0,95662
	700	1851,582	38,28533	1804,596	38,6255	2,537599	0,888514
	750	1900,966	38,80413	1853,202	39,11424	2,512632	0,799167
	800	1950,664	39,26814	1902,286	39,60291	2,480068	0,852524
	850	1997,75	39,74331	1951,86	40,09151	2,297094	0,876115
	900	2046,739	40,24688	2001,933	40,58003	2,189148	0,827754
	950	2095,985	40,7163	2052,516	41,06846	2,073925	0,864908
	1000	2155,372	41,31002	2103,62	41,5568	2,401092	0,597389
	1050	2205,105	41,81103	2155,255	42,04505	2,260668	0,559703
	1100	2255,077	42,28735	2207,433	42,53319	2,112736	0,581357
	1150	2299,74	42,71992	2260,166	43,02122	1,720811	0,705298
	1200	2357,295	43,28369	2313,465	43,50914	1,859355	0,520858
	1250	2405,458	43,75796	2367,341	43,99692	1,584594	0,546103
	1300	2463,503	44,30036	2421,808	44,48457	1,692498	0,415831
	1350	2512,042	44,77257	2476,878	44,97208	1,399819	0,445608
	1400	2570,511	45,34121	2532,563	45,45943	1,476275	0,260735
	1450	2620,103	45,81403	2588,877	45,94661	1,191789	0,289395
	1500	2671,233	46,28331	2645,832	46,43362	0,950891	0,324756
	1550	2728,502	46,83092	2703,444	46,92043	0,918397	0,191135
	1600	2776,366	47,2851	2761,724	47,40704	0,527383	0,257876
	1650	2833,985	47,82739	2820,688	47,89342	0,469202	0,138063
	1700	2889,288	48,34279	2880,35	48,37957	0,309351	0,076081

**Tabel G, 16** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1174,2 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1174,2	0	1194,941	30,03351	1174,2	31	1,735734	3,218039
	50	1239,293	31,44303	1218,006	32,26092	1,7177	2,601186
	100	1283,594	32,23698	1261,342	32,75698	1,733571	1,613063
	150	1328,398	32,72274	1305,039	33,24661	1,75842	1,600934
	200	1373,752	33,27524	1349,112	33,73589	1,793638	1,384356
	250	1419,72	33,73609	1393,568	34,22512	1,842035	1,449562
	300	1466,223	34,23551	1438,416	34,71431	1,896475	1,398542
	350	1517,765	34,78914	1483,665	35,20346	2,246748	1,190958
	400	1565,323	35,25481	1529,321	35,69258	2,299956	1,241732
	450	1613,255	35,76587	1575,395	36,18165	2,346816	1,162517
	500	1661,613	36,24131	1621,894	36,67068	2,390373	1,18476
	550	1713,17	36,78421	1668,828	37,15966	2,588282	1,020688
	600	1761,751	37,30974	1716,206	37,64859	2,585198	0,908205
	650	1810,645	37,7736	1764,037	38,13746	2,574091	0,963263
	700	1859,832	38,28669	1812,331	38,62627	2,55404	0,886937
	750	1909,328	38,80446	1861,097	39,11501	2,526051	0,800305
	800	1959,128	39,26733	1910,346	39,60369	2,489983	0,856589
	850	2006,309	39,7445	1960,087	40,09229	2,30382	0,875067
	900	2055,397	40,2483	2010,331	40,58081	2,192551	0,826153
	950	2104,739	40,71431	2061,089	41,06925	2,073891	0,87178
	1000	2164,233	41,31094	2112,371	41,55759	2,396322	0,597069
	1050	2214,059	41,8121	2164,188	42,04584	2,252451	0,559031
	1100	2264,121	42,2838	2216,553	42,53399	2,100969	0,591683
	1150	2308,858	42,72036	2269,475	43,02202	1,705741	0,706123
	1200	2366,511	43,28451	2322,967	43,50993	1,839998	0,520788
	1250	2414,756	43,75883	2377,042	43,99772	1,561826	0,545913
	1300	2472,893	44,30026	2431,711	44,48536	1,665355	0,417836
	1350	2521,507	44,7732	2486,986	44,97286	1,369048	0,445944
	1400	2580,067	45,34189	2542,882	45,46021	1,441243	0,260944
	1450	2629,737	45,80643	2599,411	45,94738	1,153214	0,307712
	1500	2680,94	46,28358	2656,585	46,43438	0,908436	0,32581
	1550	2738,291	46,83121	2714,42	46,92118	0,871737	0,192109
	1600	2786,225	47,28541	2772,929	47,40777	0,477195	0,258767
	1650	2843,927	47,82292	2832,127	47,89414	0,414932	0,14892
	1700	2899,304	48,34302	2892,027	48,38027	0,250992	0,077045

**Tabel G, 17** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 1180 psi

TEKANAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1180	0	1200,909	29,91185	1180	31	1,741098	3,637856
	50	1245,517	31,43439	1223,927	32,26259	1,733426	2,634688
	100	1290,043	32,23405	1267,385	32,75772	1,756366	1,624571
	150	1335,05	32,71432	1311,208	33,2473	1,785865	1,629184
	200	1380,589	33,27984	1355,409	33,73658	1,823884	1,372422
	250	1426,732	33,72495	1399,996	34,22582	1,873941	1,485149
	300	1473,389	34,23714	1444,978	34,71502	1,9283	1,395785
	350	1525,099	34,77242	1490,362	35,20418	2,277676	1,241676
	400	1572,791	35,25506	1536,158	35,69331	2,329172	1,24307
	450	1620,856	35,76908	1582,374	36,18239	2,374197	1,155486
	500	1669,342	36,23736	1629,018	36,67142	2,415556	1,197831
	550	1721,025	36,78591	1676,1	37,16041	2,610349	1,01805
	600	1769,728	37,29737	1723,629	37,64934	2,604845	0,943692
	650	1818,732	37,77299	1771,615	38,13822	2,590666	0,966905
	700	1868,026	38,28815	1820,066	38,62703	2,567413	0,88509
	750	1917,633	38,78857	1868,993	39,11579	2,536454	0,843586
	800	1967,532	39,26726	1918,406	39,60447	2,496836	0,858745
	850	2014,806	39,74576	1968,315	40,09307	2,307481	0,873832
	900	2063,994	40,24973	2018,73	40,5816	2,193032	0,824519
	950	2113,427	40,71348	2069,662	41,07004	2,070795	0,87577
	1000	2173,029	41,31191	2121,123	41,55838	2,388668	0,596618
	1050	2222,946	41,81316	2173,122	42,04663	2,241351	0,558373
	1100	2273,095	42,28204	2225,672	42,53478	2,086278	0,597743
	1150	2317,906	42,72094	2278,784	43,02281	1,687817	0,706608
	1200	2375,655	43,28533	2332,47	43,51072	1,817812	0,520709
	1250	2423,982	43,75006	2386,742	43,9985	1,536304	0,567867
	1300	2482,208	44,30048	2441,613	44,48615	1,63544	0,419106
	1350	2530,896	44,77384	2497,095	44,97364	1,33554	0,446246
	1400	2589,547	45,34256	2553,201	45,46098	1,40357	0,261164
	1450	2639,293	45,80266	2609,944	45,94815	1,111994	0,317635
	1500	2690,568	46,28385	2667,338	46,43513	0,863371	0,326851
	1550	2748	46,83149	2725,397	46,92192	0,822517	0,193091
	1600	2796,003	47,28572	2784,135	47,4085	0,42447	0,259646
	1650	2853,787	47,82179	2843,566	47,89485	0,358171	0,15277
	1700	2909,236	48,34326	2903,704	48,38096	0,190147	0,077976

Pada tabel G,3, divariasikan nilai temperatur injeksi CO<sub>2</sub> dengan kenaikan sebesar 1 °C dari keadaan awal 30 °C, Kondisi laju aliran massa dan tekanan injeksi konstan, Didapatkan rata-rata error model gradien tekanan dan temperatur adalah masing-masing sebesar 1,599% dan 0,728%,

**Tabel G, 17** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 30 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	0	1088,226	30,30193	1071	30	1,582943	0,996405
	50	1125,367	31,67803	1113,747	32,27375	1,032538	1,880544
	100	1163,089	32,35044	1154,89	32,74644	0,704892	1,224097
	150	1201,623	33,10896	1196,375	33,23437	0,436783	0,378781
	200	1241,329	33,55157	1238,19	33,72337	0,252903	0,512036
	250	1282,228	34,21774	1280,342	34,21242	0,147118	0,015544
	300	1324,448	34,4498	1322,837	34,70145	0,121606	0,730492
	350	1371,812	34,96161	1365,684	35,19045	0,446693	0,654552
	400	1415,927	35,35914	1408,889	35,67942	0,497029	0,905777
	450	1460,648	35,81445	1452,461	36,16834	0,560533	0,98812
	500	1505,92	36,36811	1496,405	36,65722	0,631816	0,794964
	550	1554,415	36,8276	1540,732	37,14606	0,880292	0,86474
	600	1600,231	37,34979	1585,447	37,63486	0,923845	0,763232
	650	1646,476	37,83489	1630,561	38,1236	0,966623	0,763073
	700	1693,136	38,31799	1676,08	38,61229	1,007345	0,768037
	750	1740,171	38,83954	1722,014	39,10092	1,043383	0,672968
	800	1787,606	39,30278	1768,372	39,58949	1,075977	0,729485

Tabel G, 18 (lanjutan)

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	850	1832,631	39,76504	1815,161	40,07799	0,953251	0,787005
	900	1879,529	40,27147	1862,392	40,56643	0,911748	0,732425
	950	1926,74	40,74597	1910,074	41,05479	0,86498	0,757914
	1000	1983,761	41,3297	1958,216	41,54307	1,287712	0,516266
	1050	2031,566	41,8333	2006,828	42,03127	1,217705	0,473233
	1100	2079,657	42,31196	2055,919	42,51938	1,141442	0,490208
	1150	2122,685	42,73692	2105,5	43,00739	0,809578	0,632868
	1200	2178,183	43,30033	2155,582	43,4953	1,03762	0,450268
	1250	2224,668	43,77657	2206,174	43,9831	0,831312	0,471777
	1300	2280,741	44,3137	2257,288	44,47078	1,028307	0,354476
	1350	2327,666	44,78693	2308,935	44,95834	0,804733	0,382726
	1400	2384,234	45,35748	2361,125	45,44577	0,969245	0,194649
	1450	2432,254	45,81945	2413,871	45,93305	0,75581	0,247936
	1500	2481,792	46,29026	2467,184	46,42019	0,588616	0,280679
	1550	2537,315	46,83859	2521,076	46,90716	0,64001	0,146395
	1600	2583,752	47,29298	2575,56	47,39396	0,317074	0,213517
	1650	2639,689	47,82718	2630,647	47,88057	0,342531	0,111637
	1700	2693,397	48,34905	2686,352	48,36699	0,261575	0,037103

Tabel G, 19 Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 31 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	0	1086,485	31,39382	1071	31	1,425238	1,254451
	50	1120,883	32,17887	1112,649	32,23124	0,73461	0,162749
	100	1156,716	32,67887	1153,816	32,74325	0,250716	0,197015
	150	1193,919	33,42003	1195,281	33,23399	0,114079	0,556671
	200	1232,725	33,68013	1237,074	33,72321	0,352771	0,127919
	250	1272,976	34,23585	1279,203	34,21229	0,48913	0,068824
	300	1314,685	34,52195	1321,675	34,70132	0,531659	0,519581
	350	1361,652	34,96642	1364,497	35,19032	0,20896	0,64032

Tabel G, 19 (lanjutan)

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	400	1405,432	35,39853	1407,678	35,67928	0,159799	0,793108
	450	1449,875	35,81665	1451,224	36,1682	0,093032	0,981532
	500	1494,873	36,35927	1495,143	36,65708	0,018057	0,819086
	550	1543,102	36,8349	1539,443	37,14592	0,237123	0,844367
	600	1588,689	37,34581	1584,132	37,63471	0,286846	0,773588
	650	1634,701	37,86597	1629,218	38,12345	0,335412	0,679987
	700	1681,157	38,31864	1674,71	38,61214	0,38351	0,765948
	750	1727,99	38,83611	1720,615	39,10077	0,426785	0,681481
	800	1775,222	39,31946	1766,944	39,58934	0,466334	0,686377
	850	1820,075	39,76447	1813,703	40,07784	0,350068	0,788074
	900	1866,795	40,26851	1860,904	40,56628	0,315557	0,739455
	950	1913,826	40,76523	1908,555	41,05464	0,275422	0,709938
	1000	1970,652	41,32866	1956,665	41,54292	0,709759	0,518427
	1050	2018,295	41,83109	2005,245	42,03112	0,646609	0,478175
	1100	2066,219	42,33304	2054,303	42,51922	0,576705	0,439805
	1150	2109,114	42,73743	2103,851	43,00723	0,24955	0,631306
	1200	2164,443	43,29867	2153,898	43,49514	0,487196	0,453763
	1250	2210,782	43,77472	2204,455	43,98294	0,286178	0,47567
	1300	2266,69	44,31548	2255,533	44,47063	0,492199	0,350097
	1350	2313,484	44,78575	2307,143	44,95819	0,274071	0,385026
	1400	2369,892	45,35608	2359,297	45,44561	0,447084	0,197403
	1450	2417,775	45,83587	2412,004	45,9329	0,238675	0,21169
	1500	2467,187	46,28975	2465,279	46,42004	0,077354	0,281455
	1550	2522,567	46,838	2519,131	46,90701	0,136208	0,147334
	1600	2568,883	47,29234	2573,574	47,39381	0,182617	0,214558
	1650	2624,675	47,83054	2628,621	47,88043	0,150325	0,104297
	1700	2678,257	48,34857	2684,283	48,36684	0,224992	0,037797



**Tabel G, 20** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 32 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
32	0	1084,996	32,15042	1071	32	1,289959	0,467863
	50	1116,799	32,64771	1111,551	32,27247	0,469951	1,14937
	100	1150,791	32,9859	1152,649	32,74611	0,16149	0,726949
	150	1186,678	33,64965	1194,087	33,2341	0,624346	1,234937
	200	1224,532	33,82623	1235,855	33,72309	0,924646	0,304897
	250	1264,115	34,26895	1277,958	34,21215	1,095079	0,165758
	300	1305,278	34,62261	1320,404	34,70117	1,158859	0,226916
	350	1351,834	34,97884	1363,201	35,19017	0,840829	0,604165
	400	1395,275	35,45433	1406,354	35,67913	0,794054	0,634054
	450	1439,435	35,82392	1449,873	36,16805	0,725126	0,960618
	500	1484,165	36,35206	1493,764	36,65693	0,646743	0,838663
	550	1532,121	36,84948	1538,035	37,14577	0,386007	0,804048
	600	1577,482	37,34327	1582,695	37,63456	0,330451	0,780025
	650	1623,263	37,87707	1627,751	38,1233	0,276482	0,650066
	700	1669,511	38,32236	1673,212	38,61198	0,22169	0,755751
	750	1716,147	38,83316	1719,087	39,10061	0,171292	0,688716
	800	1763,176	39,34544	1765,383	39,58918	0,125182	0,619481
	850	1807,859	39,76581	1812,111	40,07768	0,23518	0,784267
	900	1854,405	40,26584	1859,278	40,56611	0,262796	0,745727
	950	1901,256	40,77533	1906,895	41,05447	0,296605	0,684586
	1000	1957,888	41,32876	1954,971	41,54275	0,148991	0,517781
	1050	2005,372	41,82903	2003,515	42,03095	0,092596	0,482723
	1100	2053,132	42,33345	2052,538	42,51905	0,028949	0,438436
	1150	2095,892	42,74017	2102,049	43,00707	0,293747	0,624461
	1200	2151,055	43,29715	2152,058	43,49497	0,046645	0,456899
	1250	2197,253	43,77292	2202,577	43,98277	0,242321	0,479416
	1300	2252,994	44,32098	2253,616	44,47046	0,02763	0,337263
	1350	2299,66	44,78486	2305,187	44,95802	0,240325	0,386645
	1400	2355,912	45,35473	2357,299	45,44545	0,058878	0,200015
	1450	2403,66	45,83564	2409,965	45,93273	0,262323	0,211828
	1500	2452,944	46,28939	2463,197	46,41987	0,41799	0,281876
	1550	2508,185	46,83743	2517,006	46,90684	0,3517	0,148201
	1600	2554,383	47,29172	2571,405	47,39365	0,666392	0,215527
	1650	2610,031	47,84005	2626,406	47,88026	0,627402	0,084061
	1700	2663,488	48,34813	2682,023	48,36669	0,695877	0,03838

**Tabel G, 21** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 33 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
33	0	1083,717	32,92008	1071	33	1,173461	0,24277
	50	1113,007	33,08915	1110,452	32,38983	0,22953	2,113441
	100	1145,196	33,27585	1151,399	32,75522	0,541679	1,564579
	150	1179,768	33,79022	1192,801	33,23472	1,104684	1,643964
	200	1216,619	33,99283	1234,541	33,72301	1,473079	0,793744
	250	1255,501	34,31699	1276,617	34,212	1,681867	0,305945
	300	1296,081	34,76141	1319,035	34,70102	1,771052	0,173732
	350	1342,199	35,00134	1361,803	35,19001	1,460595	0,53904
	400	1385,298	35,46015	1404,928	35,67897	1,417001	0,617083
	450	1429,158	35,83814	1448,417	36,16789	1,347544	0,920104
	500	1473,619	36,34686	1492,277	36,65677	1,266154	0,852636
	550	1521,293	36,87497	1536,518	37,1456	1,000778	0,733915
	600	1566,426	37,34277	1581,146	37,63439	0,939716	0,780923
	650	1611,979	37,87174	1626,17	38,12313	0,880347	0,663782
	700	1658,01	38,33111	1671,598	38,61181	0,819551	0,732303
	750	1704,449	38,83089	1717,439	39,10044	0,762134	0,694156
	800	1751,276	39,34127	1763,702	39,589	0,709512	0,629702
	850	1795,782	39,77035	1810,394	40,0775	0,81369	0,772319
	900	1842,155	40,26358	1857,526	40,56594	0,834403	0,750941
	950	1888,829	40,77219	1905,106	41,05429	0,861776	0,691902
	1000	1945,26	41,33095	1953,145	41,54257	0,405344	0,51202
	1050	1992,586	41,82718	2001,651	42,03077	0,454947	0,486736
	1100	2040,185	42,33119	2050,635	42,51887	0,512208	0,44337
	1150	2082,805	42,74729	2100,106	43,00688	0,830678	0,607276
	1200	2137,803	43,29584	2150,076	43,49479	0,574083	0,459518
	1250	2183,861	43,77115	2200,554	43,98259	0,76436	0,483062
	1300	2239,431	44,33481	2251,551	44,47028	0,54119	0,305552
	1350	2285,969	44,78454	2303,078	44,95784	0,748425	0,386955
	1400	2342,066	45,35341	2355,146	45,44526	0,558496	0,202531
	1450	2389,68	45,83429	2407,768	45,93255	0,756912	0,214386
	1500	2438,833	46,28993	2460,954	46,41969	0,907023	0,280319
	1550	2493,936	46,83687	2514,716	46,90667	0,833233	0,149019
	1600	2540,016	47,2911	2569,068	47,39347	1,143755	0,216468
	1650	2595,521	47,83942	2624,02	47,88009	1,09801	0,085016
	1700	2648,85	48,34787	2679,587	48,36652	1,160376	0,038565



**Tabel G, 22** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 34 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
34	0	1082,315	33,70797	1071	34	1,045444	0,866353
	50	1109,113	33,50975	1109,354	32,57672	0,021732	2,784347
	100	1139,486	33,551	1150,073	32,77201	0,929084	2,321799
	150	1172,703	33,92749	1191,428	33,236	1,596742	2,038145
	200	1208,467	34,18648	1233,138	33,72298	2,041513	1,355785
	250	1246,567	34,38323	1275,185	34,21185	2,295731	0,498448
	300	1286,497	34,9316	1317,573	34,70085	2,415588	0,66057
	350	1332,104	35,04008	1360,311	35,18984	2,117472	0,427401
	400	1374,833	35,4541	1403,405	35,6788	2,078182	0,633768
	450	1418,354	35,86394	1446,862	36,16771	2,009916	0,847018
	500	1462,525	36,34435	1490,69	36,65659	1,925791	0,859117
	550	1509,89	36,92028	1534,898	37,14542	1,656258	0,609808
	600	1554,773	37,34566	1579,492	37,63421	1,589892	0,772643
	650	1600,084	37,86669	1624,482	38,12294	1,524788	0,676727
	700	1645,876	38,34992	1669,875	38,61163	1,458132	0,682417
	750	1692,103	38,82974	1715,68	39,10025	1,393365	0,696661
	800	1738,718	39,33705	1761,906	39,58882	1,333623	0,640023
	850	1783,027	39,78132	1808,561	40,07732	1,432071	0,744057
	900	1829,216	40,26194	1855,655	40,56575	1,445374	0,754574
	950	1875,702	40,76896	1903,197	41,0541	1,46583	0,699412
	1000	1931,913	41,33772	1951,195	41,54238	0,9981	0,495095
	1050	1979,071	41,82564	1999,661	42,03058	1,040392	0,489975
	1100	2026,498	42,32883	2048,603	42,51868	1,090822	0,448512
	1150	2068,965	42,76568	2098,033	43,00669	1,404938	0,563558
	1200	2123,785	43,29494	2147,959	43,4946	1,138246	0,461157
	1250	2169,695	43,76932	2198,393	43,9824	1,322659	0,486818
	1300	2225,082	44,3428	2249,345	44,47008	1,09042	0,287039
	1350	2271,48	44,78557	2300,826	44,95764	1,291935	0,384212
	1400	2327,413	45,35206	2352,848	45,44507	1,092834	0,205086
	1450	2374,886	45,83286	2405,421	45,93236	1,285762	0,217091
	1500	2423,893	46,29584	2458,559	46,4195	1,43016	0,267103
	1550	2478,85	46,83628	2512,271	46,90648	1,348255	0,149874
	1600	2524,806	47,29045	2566,572	47,39328	1,654211	0,217448
	1650	2580,158	47,83876	2621,472	47,87991	1,601227	0,086008
	1700	2633,347	48,34881	2676,986	48,36633	1,657156	0,036242

**Tabel G, 23** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 35 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
35	0	1080,917	34,52137	1071	35	0,917462	1,386475
	50	1105,252	33,90961	1108,256	32,82736	0,27177	3,191563
	100	1133,817	33,81157	1148,676	32,79871	1,310553	2,995598
	150	1165,658	34,06192	1189,973	33,23816	2,085949	2,418411
	200	1200,281	34,4099	1231,65	33,72303	2,613488	1,996138
	250	1237,519	34,46932	1273,666	34,21169	2,920914	0,747406
	300	1276,753	34,92997	1316,023	34,70068	3,075766	0,656436
	350	1321,767	35,10221	1358,728	35,18966	2,796347	0,249134
	400	1364,098	35,45447	1401,789	35,67861	2,763065	0,632204
	450	1407,246	35,90733	1445,213	36,16753	2,697932	0,724642
	500	1451,105	36,34646	1489,007	36,6564	2,611922	0,852748
	550	1498,146	36,92603	1533,179	37,14523	2,338441	0,59363
	600	1542,755	37,35452	1577,738	37,63402	2,267572	0,74823
	650	1587,814	37,86251	1622,691	38,12275	2,196561	0,687332
	700	1633,349	38,38687	1668,047	38,61143	2,124363	0,584996
	750	1679,351	38,83086	1713,814	39,10006	2,052186	0,69325
	800	1725,744	39,33299	1760,001	39,58862	1,98508	0,649907
	850	1769,842	39,80518	1806,617	40,07712	2,077873	0,683167
	900	1815,836	40,26177	1853,67	40,56554	2,083584	0,754499
	950	1862,128	40,7658	1901,171	41,0539	2,096676	0,70672
	1000	1918,103	41,35414	1949,127	41,54218	1,617457	0,454699
	1050	1965,084	41,82491	1997,55	42,03037	1,652153	0,491239
	1100	2012,335	42,32647	2046,449	42,51847	1,695229	0,453627
	1150	2054,639	42,77235	2095,833	43,00648	2,004929	0,547394
	1200	2109,27	43,2952	2145,714	43,49439	1,72778	0,460076
	1250	2155,026	43,76752	2196,101	43,98219	1,905992	0,490478
	1300	2210,224	44,34078	2247,005	44,46987	1,66413	0,291141
	1350	2256,47	44,7902	2298,438	44,95743	1,85988	0,373374
	1400	2312,233	45,3508	2350,41	45,44486	1,651074	0,207415
	1450	2359,558	45,83139	2402,933	45,93215	1,83825	0,219858
	1500	2408,411	46,30465	2456,018	46,41929	1,976695	0,247586
	1550	2463,213	46,83572	2509,678	46,90627	1,886347	0,15064
	1600	2509,041	47,28978	2563,924	47,39308	2,187416	0,218445
	1650	2564,235	47,83806	2618,77	47,87971	2,12674	0,08706
	1700	2617,271	48,35826	2674,227	48,36614	2,176154	0,016291

**Tabel G, 24** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 36 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
36	0	1080,061	34,85779	1071	36	0,838934	3,276771
	50	1103,39	34,06235	1107,157	33,13668	0,341444	2,717583
	100	1131,198	33,91008	1147,215	32,83805	1,415961	3,1614
	150	1162,447	34,11164	1188,438	33,24153	2,235916	2,550773
	200	1196,561	34,5163	1230,08	33,72318	2,801257	2,297803
	250	1233,387	34,51294	1272,062	34,21154	3,135709	0,873285
	300	1272,294	34,93279	1314,386	34,70049	3,308367	0,664983
	350	1317,011	35,14043	1357,057	35,18947	3,040704	0,139559
	400	1359,15	35,45763	1400,083	35,67842	3,011691	0,622692
	450	1402,117	35,93496	1443,472	36,16733	2,949441	0,646653
	500	1445,827	36,3496	1487,23	36,65621	2,863595	0,843493
	550	1492,716	36,92188	1531,365	37,14503	2,589188	0,604396
	600	1537,193	37,36173	1575,886	37,63382	2,517143	0,728247
	650	1582,133	37,86112	1620,801	38,12255	2,444049	0,69049
	700	1627,547	38,39593	1666,118	38,61123	2,369872	0,560725
	750	1673,441	38,83267	1711,845	39,09985	2,294902	0,688022
	800	1719,732	39,33127	1757,991	39,58841	2,2247	0,653776
	850	1763,73	39,8208	1804,565	40,0769	2,315251	0,643143
	900	1809,631	40,26252	1851,576	40,56533	2,317848	0,752094
	950	1855,833	40,76443	1899,032	41,05369	2,327758	0,709579
	1000	1911,696	41,36769	1946,945	41,54196	1,843836	0,421275
	1050	1958,594	41,82512	1995,322	42,03015	1,875214	0,490217
	1100	2005,762	42,32542	2044,174	42,51826	1,915083	0,455605
	1150	2047,991	42,77121	2093,511	43,00626	2,22267	0,549564
	1200	2102,532	43,29612	2143,343	43,49417	1,941053	0,457436
	1250	2148,216	43,76675	2193,681	43,98197	2,11641	0,491746
	1300	2203,325	44,33984	2244,535	44,46966	1,87036	0,292773
	1350	2249,498	44,79477	2295,916	44,95722	2,063499	0,362646
	1400	2305,182	45,35031	2347,836	45,44465	1,850351	0,208018
	1450	2352,439	45,83071	2400,305	45,93194	2,034752	0,220872
	1500	2401,22	46,30426	2453,336	46,41908	2,170397	0,247964
	1550	2455,948	46,83553	2506,94	46,90606	2,076265	0,15059
	1600	2501,716	47,28946	2561,129	47,39287	2,374907	0,218675
	1650	2556,837	47,83774	2615,917	47,8795	2,310656	0,087293
	1700	2609,801	48,36127	2671,315	48,36593	2,35702	0,009641

**Tabel G, 25** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 37 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
37	0	1079,781	35,08747	1071	37	0,81322	5,450749
	50	1102,458	34,16556	1106,059	33,50018	0,32665	1,947506
	100	1129,79	33,97736	1145,695	32,893	1,407771	3,191409
	150	1160,674	34,14796	1186,826	33,24651	2,253151	2,639846
	200	1194,483	34,58421	1228,428	33,72348	2,841813	2,488787
	250	1231,062	34,54186	1270,376	34,2114	3,193487	0,956695
	300	1269,777	34,93661	1312,664	34,7003	3,377557	0,676394
	350	1314,319	35,1661	1355,3	35,18927	3,118034	0,065893
	400	1356,345	35,4608	1398,289	35,67822	3,092459	0,613125
	450	1399,208	35,95375	1441,64	36,16713	3,032597	0,593482
	500	1442,83	36,35225	1485,36	36,656	2,947701	0,83557
	550	1489,632	36,91972	1529,457	37,14482	2,673484	0,609713
	600	1534,031	37,36679	1573,939	37,6336	2,601483	0,714039
	650	1578,904	37,8605	1618,813	38,12233	2,527629	0,691572
	700	1624,249	38,39426	1664,088	38,61101	2,452776	0,564535
	750	1670,081	38,83418	1709,773	39,09963	2,376655	0,683544
	800	1716,313	39,33036	1755,876	39,58819	2,305119	0,655543
	850	1760,253	39,81943	1802,406	40,07668	2,394712	0,646047
	900	1806,101	40,26333	1849,372	40,56511	2,395816	0,749511
	950	1852,251	40,76369	1896,783	41,05346	2,404201	0,710854
	1000	1908,05	41,37519	1944,648	41,54173	1,9181	0,402523
	1050	1954,901	41,82546	1992,978	42,02993	1,947765	0,488854
	1100	2002,022	42,32485	2041,781	42,51803	1,985958	0,456417
	1150	2044,207	42,77057	2091,069	43,00604	2,292411	0,550531
	1200	2098,696	43,297	2140,85	43,49394	2,008582	0,454862
	1250	2144,339	43,76634	2191,136	43,98174	2,182349	0,49216
	1300	2199,398	44,33931	2241,937	44,46942	1,934124	0,293452
	1350	2245,53	44,79848	2293,264	44,95699	2,125747	0,353821
	1400	2301,167	45,35007	2345,129	45,44442	1,910409	0,208042
	1450	2348,385	45,83033	2397,542	45,93171	2,093213	0,221204
	1500	2397,126	46,30403	2450,515	46,41885	2,227205	0,247972
	1550	2451,811	46,83547	2504,06	46,90583	2,131045	0,150237
	1600	2497,544	47,28928	2558,19	47,39265	2,428213	0,218585
	1650	2552,624	47,83756	2612,916	47,87928	2,361953	0,087209
	1700	2605,547	48,36108	2668,251	48,36572	2,406563	0,009585

**Tabel G, 26** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 38 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
38	0	1079,501	35,66002	1071	38	0,787493	6,561914
	50	1101,564	34,26213	1104,961	33,91391	0,30837	1,016335
	100	1128,443	34,04021	1144,119	32,96664	1,389191	3,153842
	150	1158,978	34,18196	1185,136	33,25361	2,257016	2,715917
	200	1192,496	34,65116	1226,695	33,72398	2,867888	2,675748
	250	1228,834	34,57083	1268,607	34,21127	3,236606	1,040073
	300	1267,363	34,94113	1310,858	34,7001	3,431954	0,689813
	350	1311,729	35,19328	1353,456	35,18906	3,181089	0,011983
	400	1353,643	35,46543	1396,407	35,67801	3,159213	0,599389
	450	1396,402	35,97423	1439,719	36,16691	3,102065	0,535615
	500	1439,938	36,35548	1483,399	36,65578	3,01828	0,826011
	550	1486,657	36,9178	1527,455	37,1446	2,744304	0,614347
	600	1530,979	37,37277	1571,895	37,63338	2,672556	0,697327
	650	1575,786	37,8601	1616,727	38,12211	2,598138	0,692041
	700	1621,064	38,39267	1661,959	38,61078	2,522732	0,568107
	750	1666,835	38,83604	1707,6	39,0994	2,445636	0,67813
	800	1713,01	39,32953	1753,658	39,58796	2,372873	0,657078
	850	1756,896	39,81811	1800,141	40,07645	2,461465	0,648797
	900	1802,691	40,26438	1847,06	40,56487	2,461274	0,746299
	950	1848,791	40,76301	1894,423	41,05322	2,468213	0,711953
	1000	1904,528	41,37427	1942,24	41,5415	1,980098	0,40418
	1050	1951,331	41,826	1990,519	42,02969	2,00827	0,486984
	1100	1998,407	42,32431	2039,271	42,51779	2,044844	0,45713
	1150	2040,551	42,76995	2088,506	43,00579	2,350121	0,551424
	1200	2094,988	43,29818	2138,235	43,4937	2,064286	0,451566
	1250	2140,592	43,76597	2188,466	43,9815	2,236488	0,492457
	1300	2195,603	44,3388	2239,212	44,46918	1,986182	0,294059
	1350	2241,693	44,80308	2290,482	44,95674	2,176444	0,342977
	1400	2297,286	45,34989	2342,289	45,44418	1,958952	0,207908
	1450	2344,467	45,82996	2394,643	45,93147	2,140173	0,221489
	1500	2393,168	46,30382	2447,556	46,41861	2,272616	0,247911
	1550	2447,811	46,83549	2501,039	46,9056	2,174523	0,149689
	1600	2493,512	47,28911	2555,106	47,39241	2,470164	0,21845
	1650	2548,551	47,83738	2609,768	47,87905	2,402021	0,087102
	1700	2601,435	48,3609	2665,038	48,36549	2,444902	0,009486



**Tabel G, 27** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 39 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
39	0	1079,222	36,51401	1071	39	0,761845	6,808318
	50	1100,769	34,34429	1103,863	34,37433	0,281041	0,087473
	100	1127,255	34,09356	1142,492	33,06193	1,351719	3,025869
	150	1157,487	34,21082	1183,371	33,26347	2,236201	2,769145
	200	1190,75	34,71151	1224,882	33,72475	2,86644	2,842746
	250	1226,87	34,59738	1266,754	34,21116	3,250913	1,116338
	300	1265,232	34,94595	1308,968	34,6999	3,456733	0,7041
	350	1309,44	35,2161	1351,526	35,18884	3,214073	0,077398
	400	1351,246	35,47193	1394,437	35,67778	3,196417	0,580326
	450	1393,911	35,99467	1437,708	36,16669	3,142049	0,477896
	500	1437,369	36,35899	1481,347	36,65555	3,059593	0,815648
	550	1484,012	36,91624	1525,36	37,14437	2,786232	0,617972
	600	1528,266	37,37887	1569,756	37,63315	2,714865	0,680268
	650	1573,014	37,85989	1614,544	38,12187	2,640138	0,691975
	700	1618,233	38,39129	1659,73	38,61054	2,564364	0,5711
	750	1663,948	38,83815	1705,325	39,09916	2,486658	0,67204
	800	1710,073	39,32885	1751,335	39,58771	2,412893	0,658201
	850	1753,909	39,81695	1797,771	40,0762	2,500802	0,651114
	900	1799,657	40,26559	1844,64	40,56463	2,499549	0,742659
	950	1845,712	40,76244	1891,953	41,05298	2,505317	0,712752
	1000	1901,394	41,37345	1939,718	41,54125	2,015574	0,405566
	1050	1948,156	41,82667	1987,945	42,02943	2,042396	0,484774
	1100	1995,191	42,32385	2036,644	42,51754	2,077639	0,457626
	1150	2037,298	42,76939	2085,824	43,00554	2,381897	0,552149
	1200	2091,689	43,29953	2135,497	43,49345	2,094369	0,447848
	1250	2137,257	43,76567	2185,671	43,98124	2,265253	0,492565
	1300	2192,225	44,33835	2236,359	44,46893	2,013194	0,294505
	1350	2238,279	44,80828	2287,57	44,95649	2,202179	0,330766
	1400	2293,832	45,34976	2339,316	45,44392	1,982877	0,207637
	1450	2340,98	45,82963	2391,608	45,93122	2,162681	0,221661
	1500	2389,646	46,30363	2444,458	46,41836	2,293715	0,247781
	1550	2444,251	46,83558	2497,877	46,90535	2,19396	0,148966
	1600	2489,922	47,28896	2551,878	47,39217	2,488258	0,218248
	1650	2544,925	47,83722	2606,472	47,8788	2,418436	0,086929
	1700	2597,774	48,36074	2661,674	48,36525	2,459783	0,009322

**Tabel G, 28** Validasi model *injection well* dengan variasi tekanan 40 °C

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
40	0	1079,045	37,15402	1071	40	0,745567	7,659952
	50	1100,253	34,39887	1102,764	34,87829	0,22825	1,393719
	100	1126,48	34,12902	1140,818	33,18173	1,272778	2,775616
	150	1156,509	34,23015	1181,529	33,27691	2,163446	2,78481
	200	1189,604	34,72802	1222,988	33,72587	2,806279	2,885701
	250	1225,577	34,61568	1264,819	34,21107	3,201929	1,168853
	300	1263,829	34,94945	1306,992	34,69968	3,415254	0,714648
	350	1307,929	35,23169	1349,51	35,18861	3,179116	0,122262
	400	1349,665	35,47653	1392,379	35,67755	3,164769	0,566627
	450	1392,267	35,99927	1435,607	36,16645	3,112903	0,464401
	500	1435,672	36,36164	1479,202	36,65531	3,031998	0,807643
	550	1482,266	36,9153	1523,17	37,14413	2,759582	0,619879
	600	1526,474	37,38333	1567,521	37,6329	2,689021	0,667602
	650	1571,182	37,85982	1612,262	38,12162	2,614601	0,691509
	700	1616,362	38,39039	1657,401	38,61029	2,538996	0,572808
	750	1662,04	38,83976	1702,947	39,09891	2,461269	0,667219
	800	1708,131	39,32843	1748,908	39,58746	2,387253	0,65863
	850	1751,935	39,81619	1795,294	40,07595	2,474893	0,652392
	900	1797,651	40,26658	1842,112	40,56437	2,473258	0,739541
	950	1843,677	40,76209	1889,372	41,05272	2,47845	0,712979
	1000	1899,323	41,37292	1937,083	41,54099	1,988078	0,40622
	1050	1946,056	41,82721	1985,255	42,02917	2,014294	0,482849
	1100	1993,064	42,32355	2033,898	42,51727	2,048813	0,457715
	1150	2035,147	42,76903	2083,022	43,00528	2,352388	0,552376
	1200	2089,507	43,30065	2132,636	43,49318	2,064057	0,444637
	1250	2135,052	43,76549	2182,751	43,98098	2,234077	0,492371
	1300	2189,991	44,33805	2233,377	44,46866	1,981123	0,294584
	1350	2236,021	44,81234	2284,527	44,95623	2,169281	0,321084
	1400	2291,548	45,3497	2336,209	45,44366	1,948954	0,207186
	1450	2338,673	45,82942	2388,437	45,93095	2,127858	0,221545
	1500	2387,316	46,3035	2441,22	46,4181	2,25795	0,247496
	1550	2441,895	46,83572	2494,572	46,90509	2,157229	0,148111
	1600	2487,547	47,28886	2548,504	47,39191	2,450497	0,217915
	1650	2542,527	47,83712	2603,029	47,87855	2,379591	0,086606
	1700	2595,352	48,36063	2658,158	48,365	2,419952	0,009032





### LAMPIRAN H Validasi Model Reservoir

Validasi pada reservoir dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil permodelan gradien tekanan dan temperatur dengan software COMSOL, Pada tabel H,1, divariasikan nilai laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub> dengan tekanan dan temperatur injeksi yang tetap, Nilai variasi merupakan penambahan laju aliran massa sebesar 0,01 kg/s dari keadaan awal 0,23 kg/s, Validasi dilakukan pada setiap segmen (1 meter), didapatkan rata-rata error untuk tekanan dan temperatur masing-masing sebesar 0,230% dan 0,004%,

**Tabel H, 1** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,23 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
	kg/s	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	0	2686,302	48,32122	2686,302	48,32122	1,35E-13	8,82E-14
	1	2686,292	48,32213	2686,189	48,3219	0,003823	0,000456
	2	2686,281	48,32303	2686,075	48,32253	0,007647	0,001018
	3	2686,27	48,32394	2685,962	48,32311	0,011471	0,00171
	4	2686,259	48,32475	2685,848	48,32365	0,015294	0,002281
	5	2686,249	48,3255	2685,735	48,32414	0,019118	0,002821
	6	2686,238	48,32622	2685,621	48,32459	0,022942	0,003365
	7	2686,227	48,32676	2685,508	48,32501	0,026766	0,003614
	8	2686,216	48,32726	2685,394	48,3254	0,03059	0,003848
	9	2686,205	48,32771	2685,281	48,32576	0,034415	0,004038
	10	2686,195	48,32811	2685,167	48,32609	0,038239	0,004178
	11	2686,184	48,32837	2685,054	48,32639	0,042063	0,004096
	12	2686,173	48,32862	2684,94	48,32667	0,045888	0,004041
	13	2686,162	48,32888	2684,827	48,32693	0,049713	0,004033
	14	2686,152	48,32908	2684,713	48,32717	0,053537	0,00396
	15	2686,141	48,32923	2684,6	48,32739	0,057362	0,003809
	16	2686,13	48,32938	2684,486	48,32759	0,061187	0,003694
	17	2686,119	48,32949	2684,373	48,32778	0,065012	0,003538
	18	2686,108	48,32958	2684,259	48,32795	0,068838	0,003365
	19	2686,098	48,32966	2684,146	48,32811	0,072663	0,003201
	20	2686,087	48,32972	2684,032	48,32826	0,076488	0,003021
	21	2686,076	48,32977	2683,919	48,32839	0,080314	0,002847
	22	2686,065	48,32981	2683,805	48,32852	0,084139	0,002672

**Tabel H, 2** (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	23	2686,055	48,32984	2683,692	48,32863	0,087965	0,002499
	24	2686,044	48,32987	2683,578	48,32874	0,091791	0,002338
	25	2686,033	48,32989	2683,465	48,32884	0,095617	0,002186
	26	2686,022	48,32991	2683,351	48,32893	0,099443	0,002033
	27	2686,012	48,32992	2683,238	48,32901	0,103269	0,001895
	28	2686,001	48,32994	2683,124	48,32909	0,107095	0,001764
	29	2685,99	48,32995	2683,011	48,32916	0,110921	0,001642
	30	2685,979	48,32996	2682,897	48,32922	0,114747	0,001525
	31	2685,968	48,32997	2682,784	48,32928	0,118574	0,001415
	32	2685,958	48,32997	2682,67	48,32934	0,122401	0,001312
	33	2685,947	48,32998	2682,557	48,32939	0,126227	0,001215
	34	2685,936	48,32998	2682,443	48,32944	0,130054	0,001126
	35	2685,925	48,32998	2682,329	48,32948	0,133881	0,001042
	36	2685,915	48,32999	2682,216	48,32952	0,137708	0,000966
	37	2685,904	48,32999	2682,102	48,32956	0,141535	0,000893
	38	2685,893	48,32999	2681,989	48,32959	0,145362	0,000826
	39	2685,882	48,32999	2681,875	48,32962	0,149189	0,000763
	40	2685,872	48,32999	2681,762	48,32965	0,153017	0,000705
	41	2685,861	48,33	2681,648	48,32968	0,156844	0,000652
	42	2685,85	48,33	2681,535	48,3297	0,160672	0,000603
	43	2685,839	48,33	2681,421	48,32973	0,164499	0,000557
	44	2685,828	48,33	2681,307	48,32975	0,168327	0,000514
	45	2685,818	48,33	2681,194	48,32977	0,172155	0,000475
	46	2685,807	48,33	2681,08	48,32979	0,175983	0,000438
	47	2685,796	48,33	2680,967	48,3298	0,179811	0,000405
	48	2685,785	48,33	2680,853	48,32982	0,183639	0,000373
	49	2685,775	48,33	2680,74	48,32983	0,187467	0,000345
	50	2685,764	48,33	2680,626	48,32985	0,191296	0,000318

Tabel H, 2 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	51	2685,753	48,33	2680,512	48,32986	0,195124	0,000294
	52	2685,742	48,33	2680,399	48,32987	0,198953	0,000271
	53	2685,732	48,33	2680,285	48,32988	0,202781	0,00025
	54	2685,721	48,33	2680,172	48,32989	0,20661	0,000231
	55	2685,71	48,33	2680,058	48,3299	0,210439	0,000213
	56	2685,699	48,33	2679,945	48,3299	0,214268	0,000197
	57	2685,688	48,33	2679,831	48,32991	0,218097	0,000181
	58	2685,678	48,33	2679,717	48,32992	0,221926	0,000167
	59	2685,667	48,33	2679,604	48,32993	0,225755	0,000154
	60	2685,656	48,33	2679,49	48,32993	0,229584	0,000142
	61	2685,645	48,33	2679,377	48,32994	0,233414	0,000131
	62	2685,635	48,33	2679,263	48,32994	0,237243	0,000121
	63	2685,624	48,33	2679,149	48,32995	0,241073	0,000112
	64	2685,613	48,33	2679,036	48,32995	0,244903	0,000103
	65	2685,602	48,33	2678,922	48,32995	0,248733	9,52E-05
	66	2685,591	48,33	2678,809	48,32996	0,252562	8,78E-05
	67	2685,581	48,33	2678,695	48,32996	0,256392	8,1E-05
	68	2685,57	48,33	2678,581	48,32996	0,260223	7,47E-05
	69	2685,559	48,33	2678,468	48,32997	0,264053	6,89E-05
	70	2685,548	48,33	2678,354	48,32997	0,267883	6,36E-05
	71	2685,538	48,33	2678,241	48,32997	0,271713	5,86E-05
	72	2685,527	48,33	2678,127	48,32997	0,275544	5,41E-05
	73	2685,516	48,33	2678,013	48,32998	0,279375	4,99E-05
	74	2685,505	48,33	2677,9	48,32998	0,283205	4,6E-05
	75	2685,495	48,33	2677,786	48,32998	0,287036	4,25E-05
	76	2685,484	48,33	2677,673	48,32998	0,290867	3,92E-05
	77	2685,473	48,33	2677,559	48,32998	0,294698	3,61E-05
	78	2685,462	48,33	2677,445	48,32998	0,298529	3,33E-05
	79	2685,451	48,33	2677,332	48,32999	0,30236	3,07E-05
	80	2685,441	48,33	2677,218	48,32999	0,306192	2,83E-05
	81	2685,43	48,33	2677,104	48,32999	0,310023	2,62E-05
	82	2685,419	48,33	2676,991	48,32999	0,313854	2,41E-05
	83	2685,408	48,33	2676,877	48,32999	0,317686	2,22E-05
	84	2685,398	48,33	2676,764	48,32999	0,321518	2,05E-05
	85	2685,387	48,33	2676,65	48,32999	0,325349	1,89E-05

Tabel H, 2 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	86	2685,376	48,33	2676,536	48,32999	0,329181	1,75E-05
	87	2685,365	48,33	2676,423	48,32999	0,333013	1,61E-05
	88	2685,354	48,33	2676,309	48,32999	0,336845	1,49E-05
	89	2685,344	48,33	2676,195	48,32999	0,340678	1,37E-05
	90	2685,333	48,33	2676,082	48,32999	0,34451	1,26E-05
	91	2685,322	48,33	2675,968	48,32999	0,348342	1,17E-05
	92	2685,311	48,33	2675,854	48,32999	0,352175	1,08E-05
	93	2685,301	48,33	2675,741	48,33	0,356007	9,92E-06
	94	2685,29	48,33	2675,627	48,33	0,35984	9,15E-06
	95	2685,279	48,33	2675,513	48,33	0,363673	8,44E-06
	96	2685,268	48,33	2675,4	48,33	0,367505	7,79E-06
	97	2685,258	48,33	2675,286	48,33	0,371338	7,18E-06
	98	2685,247	48,33	2675,172	48,33	0,375172	6,62E-06
	99	2685,236	48,33	2675,059	48,33	0,379005	6,11E-06
	100	2685,225	48,33	2674,945	48,33	0,382838	5,64E-06

Tabel H, 3 Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,24 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	0	2685,987	48,32837	2685,987	48,32837	1,19E-13	1,32E-13
	1	2685,976	48,32854	2685,869	48,32849	0,004008	9,54E-05
	2	2685,966	48,3287	2685,75	48,3286	0,008016	0,000209
	3	2685,955	48,32887	2685,632	48,32871	0,012024	0,000345
	4	2685,944	48,32902	2685,513	48,3288	0,016032	0,000458
	5	2685,933	48,32916	2685,395	48,32889	0,020041	0,000563
	6	2685,922	48,3293	2685,276	48,32897	0,024049	0,000669
	7	2685,912	48,3294	2685,158	48,32905	0,028058	0,000718
	8	2685,901	48,32949	2685,04	48,32912	0,032066	0,000764
	9	2685,89	48,32957	2684,921	48,32919	0,036075	0,000802
	10	2685,879	48,32965	2684,803	48,32925	0,040084	0,000829
	11	2685,869	48,3297	2684,684	48,3293	0,044093	0,000815

Tabel H, 3 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	12	2685,858	48,32974	2684,566	48,32936	0,048102	0,000805
	13	2685,847	48,32979	2684,447	48,3294	0,052111	0,000803
	14	2685,836	48,32983	2684,329	48,32945	0,05612	0,00079
	15	2685,826	48,32986	2684,211	48,32949	0,06013	0,000761
	16	2685,815	48,32988	2684,092	48,32953	0,064139	0,000739
	17	2685,804	48,3299	2683,974	48,32956	0,068149	0,000709
	18	2685,793	48,32992	2683,855	48,32959	0,072159	0,000676
	19	2685,782	48,32994	2683,737	48,32962	0,076168	0,000644
	20	2685,772	48,32995	2683,618	48,32965	0,080178	0,000609
	21	2685,761	48,32996	2683,5	48,32968	0,084188	0,000575
	22	2685,75	48,32996	2683,381	48,3297	0,088198	0,000541
	23	2685,739	48,32997	2683,263	48,32972	0,092209	0,000508
	24	2685,729	48,32998	2683,144	48,32975	0,096219	0,000476
	25	2685,718	48,32998	2683,026	48,32976	0,100229	0,000446
	26	2685,707	48,32998	2682,907	48,32978	0,10424	0,000416
	27	2685,696	48,32999	2682,789	48,3298	0,108251	0,000389
	28	2685,685	48,32999	2682,671	48,32981	0,112261	0,000363
	29	2685,675	48,32999	2682,552	48,32983	0,116272	0,000339
	30	2685,664	48,32999	2682,434	48,32984	0,120283	0,000316
	31	2685,653	48,32999	2682,315	48,32985	0,124294	0,000294
	32	2685,642	48,32999	2682,197	48,32986	0,128305	0,000273
	33	2685,632	48,33	2682,078	48,32987	0,132317	0,000254
	34	2685,621	48,33	2681,96	48,32988	0,136328	0,000236
	35	2685,61	48,33	2681,841	48,32989	0,14034	0,000219
	36	2685,599	48,33	2681,723	48,3299	0,144351	0,000204
	37	2685,589	48,33	2681,604	48,32991	0,148363	0,000189
	38	2685,578	48,33	2681,486	48,32991	0,152375	0,000175
	39	2685,567	48,33	2681,367	48,32992	0,156387	0,000163
	40	2685,556	48,33	2681,249	48,32993	0,160399	0,000151
	41	2685,545	48,33	2681,13	48,32993	0,164411	0,00014
	42	2685,535	48,33	2681,012	48,32994	0,168423	0,00013
	43	2685,524	48,33	2680,893	48,32994	0,172436	0,00012
	44	2685,513	48,33	2680,775	48,32995	0,176448	0,000111
	45	2685,502	48,33	2680,656	48,32995	0,180461	0,000103

Tabel H, 3 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	46	2685,492	48,33	2680,538	48,32995	0,184473	9,55E-05
	47	2685,481	48,33	2680,419	48,32996	0,188486	8,85E-05
	48	2685,47	48,33	2680,301	48,32996	0,192499	8,19E-05
	49	2685,459	48,33	2680,182	48,32996	0,196512	7,59E-05
	50	2685,449	48,33	2680,064	48,32997	0,200525	7,03E-05
	51	2685,438	48,33	2679,945	48,32997	0,204538	6,51E-05
	52	2685,427	48,33	2679,827	48,32997	0,208551	6,02E-05
	53	2685,416	48,33	2679,708	48,32997	0,212565	5,58E-05
	54	2685,405	48,33	2679,589	48,32997	0,216578	5,16E-05
	55	2685,395	48,33	2679,471	48,32998	0,220592	4,78E-05
	56	2685,384	48,33	2679,352	48,32998	0,224606	4,43E-05
	57	2685,373	48,33	2679,234	48,32998	0,228619	4,1E-05
	58	2685,362	48,33	2679,115	48,32998	0,232633	3,79E-05
	59	2685,352	48,33	2678,997	48,32998	0,236647	3,51E-05
	60	2685,341	48,33	2678,878	48,32998	0,240662	3,25E-05
	61	2685,33	48,33	2678,76	48,32999	0,244676	3,01E-05
	62	2685,319	48,33	2678,641	48,32999	0,24869	2,79E-05
	63	2685,309	48,33	2678,523	48,32999	0,252705	2,58E-05
	64	2685,298	48,33	2678,404	48,32999	0,256719	2,39E-05
	65	2685,287	48,33	2678,286	48,32999	0,260734	2,21E-05
	66	2685,276	48,33	2678,167	48,32999	0,264749	2,05E-05
	67	2685,265	48,33	2678,048	48,32999	0,268764	1,89E-05
	68	2685,255	48,33	2677,93	48,32999	0,272779	1,75E-05
	69	2685,244	48,33	2677,811	48,32999	0,276794	1,62E-05
	70	2685,233	48,33	2677,693	48,32999	0,280809	1,5E-05
	71	2685,222	48,33	2677,574	48,32999	0,284824	1,39E-05
	72	2685,212	48,33	2677,456	48,32999	0,28884	1,29E-05
	73	2685,201	48,33	2677,337	48,32999	0,292855	1,19E-05
	74	2685,19	48,33	2677,219	48,32999	0,296871	1,1E-05
	75	2685,179	48,33	2677,1	48,33	0,300886	1,02E-05
	76	2685,169	48,33	2676,981	48,33	0,304902	9,44E-06
	77	2685,158	48,33	2676,863	48,33	0,308918	8,74E-06
	78	2685,147	48,33	2676,744	48,33	0,312934	8,09E-06
	79	2685,136	48,33	2676,626	48,33	0,31695	7,49E-06
	80	2685,125	48,33	2676,507	48,33	0,320967	6,93E-06

**Tabel H, 3** (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	81	2685,115	48,33	2676,388	48,33	0,324983	6,41E-06
	82	2685,104	48,33	2676,27	48,33	0,328999	5,94E-06
	83	2685,093	48,33	2676,151	48,33	0,333016	5,49E-06
	84	2685,082	48,33	2676,033	48,33	0,337033	5,09E-06
	85	2685,072	48,33	2675,914	48,33	0,341049	4,71E-06
	86	2685,061	48,33	2675,796	48,33	0,345066	4,36E-06
	87	2685,05	48,33	2675,677	48,33	0,349083	4,03E-06
	88	2685,039	48,33	2675,558	48,33	0,3531	3,73E-06
	89	2685,028	48,33	2675,44	48,33	0,357118	3,45E-06
	90	2685,018	48,33	2675,321	48,33	0,361135	3,2E-06
	91	2685,007	48,33	2675,203	48,33	0,365152	2,96E-06
	92	2684,996	48,33	2675,084	48,33	0,36917	2,74E-06
	93	2684,985	48,33	2674,965	48,33	0,373188	2,54E-06
	94	2684,975	48,33	2674,847	48,33	0,377205	2,35E-06
	95	2684,964	48,33	2674,728	48,33	0,381223	2,17E-06
	96	2684,953	48,33	2674,61	48,33	0,385241	2,01E-06
	97	2684,942	48,33	2674,491	48,33	0,389259	1,86E-06
	98	2684,932	48,33	2674,372	48,33	0,393277	1,72E-06
	99	2684,921	48,33	2674,254	48,33	0,397296	1,59E-06
	100	2684,91	48,33	2674,135	48,33	0,401314	1,48E-06



**Tabel H, 4** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,25 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,25	0	2685,688	48,33515	2685,688	48,33515	1,35E-13	1,62E-13
	1	2685,677	48,33462	2685,564	48,33478	0,004192	0,000332
	2	2685,666	48,33409	2685,441	48,33444	0,008385	0,000717
	3	2685,655	48,33355	2685,317	48,33412	0,012578	0,001169
	4	2685,645	48,33308	2685,194	48,33382	0,01677	0,001542
	5	2685,634	48,33264	2685,071	48,33355	0,020963	0,001891
	6	2685,623	48,33222	2684,947	48,3333	0,025156	0,002236
	7	2685,612	48,3319	2684,824	48,33306	0,029349	0,002403
	8	2685,601	48,33161	2684,701	48,33284	0,033542	0,002556
	9	2685,591	48,33134	2684,577	48,33264	0,037736	0,002681
	10	2685,58	48,33111	2684,454	48,33245	0,041929	0,002771
	11	2685,569	48,33096	2684,33	48,33227	0,046122	0,002729
	12	2685,558	48,33081	2684,207	48,33211	0,050316	0,0027
	13	2685,548	48,33066	2684,084	48,33196	0,05451	0,002696
	14	2685,537	48,33054	2683,96	48,33182	0,058704	0,002652
	15	2685,526	48,33045	2683,837	48,33169	0,062898	0,002561
	16	2685,515	48,33037	2683,714	48,33157	0,067092	0,002489
	17	2685,505	48,3303	2683,59	48,33146	0,071286	0,002393
	18	2685,494	48,33025	2683,467	48,33135	0,07548	0,002285
	19	2685,483	48,3302	2683,343	48,33126	0,079674	0,002181
	20	2685,472	48,33017	2683,22	48,33117	0,083869	0,002068
	21	2685,461	48,33014	2683,097	48,33108	0,088063	0,001958
	22	2685,451	48,33011	2682,973	48,33101	0,092258	0,001846
	23	2685,44	48,33009	2682,85	48,33093	0,096453	0,001736
	24	2685,429	48,33008	2682,726	48,33087	0,100648	0,001632
	25	2685,418	48,33006	2682,603	48,3308	0,104843	0,001533
	26	2685,408	48,33005	2682,479	48,33075	0,109038	0,001434
	27	2685,397	48,33004	2682,356	48,33069	0,113233	0,001344
	28	2685,386	48,33004	2682,233	48,33064	0,117429	0,001258
	29	2685,375	48,33003	2682,109	48,3306	0,121624	0,001177
	30	2685,365	48,33002	2681,986	48,33056	0,12582	0,001099
	31	2685,354	48,33002	2681,862	48,33052	0,130016	0,001026



Tabel H, 4 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,25	32	2685,343	48,33002	2681,739	48,33048	0,134211	0,000957
	33	2685,332	48,33001	2681,616	48,33044	0,138407	0,000891
	34	2685,321	48,33001	2681,492	48,33041	0,142603	0,000831
	35	2685,311	48,33001	2681,369	48,33038	0,1468	0,000774
	36	2685,3	48,33001	2681,245	48,33036	0,150996	0,000721
	37	2685,289	48,33001	2681,122	48,33033	0,155192	0,000671
	38	2685,278	48,33	2680,998	48,33031	0,159389	0,000624
	39	2685,268	48,33	2680,875	48,33028	0,163585	0,00058
	40	2685,257	48,33	2680,751	48,33026	0,167782	0,00054
	41	2685,246	48,33	2680,628	48,33025	0,171979	0,000502
	42	2685,235	48,33	2680,505	48,33023	0,176176	0,000467
	43	2685,225	48,33	2680,381	48,33021	0,180373	0,000434
	44	2685,214	48,33	2680,258	48,3302	0,18457	0,000403
	45	2685,203	48,33	2680,134	48,33018	0,188768	0,000375
	46	2685,192	48,33	2680,011	48,33017	0,192965	0,000348
	47	2685,181	48,33	2679,887	48,33016	0,197163	0,000324
	48	2685,171	48,33	2679,764	48,33015	0,20136	0,000301
	49	2685,16	48,33	2679,64	48,33014	0,205558	0,000279
	50	2685,149	48,33	2679,517	48,33013	0,209756	0,000259
	51	2685,138	48,33	2679,393	48,33012	0,213954	0,000241
	52	2685,128	48,33	2679,27	48,33011	0,218152	0,000224
	53	2685,117	48,33	2679,146	48,3301	0,22235	0,000208
	54	2685,106	48,33	2679,023	48,33009	0,226548	0,000193
	55	2685,095	48,33	2678,9	48,33009	0,230747	0,000179
	56	2685,085	48,33	2678,776	48,33008	0,234945	0,000167
	57	2685,074	48,33	2678,653	48,33007	0,239144	0,000155
	58	2685,063	48,33	2678,529	48,33007	0,243343	0,000144
	59	2685,052	48,33	2678,406	48,33006	0,247542	0,000133
	60	2685,041	48,33	2678,282	48,33006	0,251741	0,000124
	61	2685,031	48,33	2678,159	48,33006	0,25594	0,000115
	62	2685,02	48,33	2678,035	48,33005	0,260139	0,000107
	63	2685,009	48,33	2677,912	48,33005	0,264338	9,92E-05
	64	2684,998	48,33	2677,788	48,33004	0,268538	9,21E-05
	65	2684,988	48,33	2677,665	48,33004	0,272737	8,55E-05
	66	2684,977	48,33	2677,541	48,33004	0,276937	7,94E-05
	67	2684,966	48,33	2677,418	48,33004	0,281137	7,37E-05
	68	2684,955	48,33	2677,294	48,33003	0,285337	6,84E-05

Tabel H, 4 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,25	69	2684,944	48,33	2677,171	48,33003	0,289537	6,35E-05
	70	2684,934	48,33	2677,047	48,33003	0,293737	5,9E-05
	71	2684,923	48,33	2676,924	48,33003	0,297937	5,48E-05
	72	2684,912	48,33	2676,8	48,33002	0,302138	5,09E-05
	73	2684,901	48,33	2676,677	48,33002	0,306338	4,72E-05
	74	2684,891	48,33	2676,553	48,33002	0,310539	4,39E-05
	75	2684,88	48,33	2676,43	48,33002	0,314739	4,07E-05
	76	2684,869	48,33	2676,306	48,33002	0,31894	3,78E-05
	77	2684,858	48,33	2676,182	48,33002	0,323141	3,51E-05
	78	2684,848	48,33	2676,059	48,33002	0,327342	3,26E-05
	79	2684,837	48,33	2675,935	48,33001	0,331543	3,03E-05
	80	2684,826	48,33	2675,812	48,33001	0,335745	2,81E-05
	81	2684,815	48,33	2675,688	48,33001	0,339946	2,61E-05
	82	2684,804	48,33	2675,565	48,33001	0,344147	2,42E-05
	83	2684,794	48,33	2675,441	48,33001	0,348349	2,25E-05
	84	2684,783	48,33	2675,318	48,33001	0,352551	2,09E-05
	85	2684,772	48,33	2675,194	48,33001	0,356753	1,94E-05
	86	2684,761	48,33	2675,071	48,33001	0,360955	1,8E-05
	87	2684,751	48,33	2674,947	48,33001	0,365157	1,67E-05
	88	2684,74	48,33	2674,824	48,33001	0,369359	1,55E-05
	89	2684,729	48,33	2674,7	48,33001	0,373561	1,44E-05
	90	2684,718	48,33	2674,576	48,33001	0,377763	1,34E-05
	91	2684,708	48,33	2674,453	48,33001	0,381966	1,24E-05
	92	2684,697	48,33	2674,329	48,33001	0,386169	1,15E-05
	93	2684,686	48,33	2674,206	48,33001	0,390371	1,07E-05
	94	2684,675	48,33	2674,082	48,33	0,394574	9,94E-06
	95	2684,664	48,33	2673,959	48,33	0,398777	9,23E-06
	96	2684,654	48,33	2673,835	48,33	0,40298	8,57E-06
	97	2684,643	48,33	2673,712	48,33	0,407184	7,96E-06
	98	2684,632	48,33	2673,588	48,33	0,411387	7,39E-06
	99	2684,621	48,33	2673,464	48,33	0,41559	6,86E-06
	100	2684,611	48,33	2673,341	48,33	0,419794	6,37E-06

**Tabel H, 5** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,26 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,26	0	2685,403	48,34159	2685,403	48,34159	1,86E-13	5,88E-14
	1	2685,392	48,3404	2685,274	48,34079	0,004377	0,000812
	2	2685,381	48,33921	2685,146	48,34005	0,008754	0,001734
	3	2685,37	48,338	2685,018	48,33936	0,013131	0,002799
	4	2685,36	48,33693	2684,889	48,33871	0,017508	0,003681
	5	2685,349	48,33594	2684,761	48,33811	0,021886	0,004499
	6	2685,338	48,33499	2684,633	48,33755	0,026263	0,005305
	7	2685,327	48,33428	2684,504	48,33703	0,030641	0,005703
	8	2685,316	48,33362	2684,376	48,33655	0,035019	0,006067
	9	2685,306	48,33302	2684,248	48,3361	0,039396	0,006361
	10	2685,295	48,3325	2684,119	48,33568	0,043774	0,006576
	11	2685,284	48,33215	2683,991	48,33529	0,048152	0,006489
	12	2685,273	48,33182	2683,863	48,33492	0,052531	0,006428
	13	2685,263	48,33148	2683,734	48,33459	0,056909	0,006423
	14	2685,252	48,33121	2683,606	48,33427	0,061287	0,006324
	15	2685,241	48,33102	2683,478	48,33398	0,065666	0,006118
	16	2685,23	48,33083	2683,349	48,3337	0,070044	0,005953
	17	2685,22	48,33068	2683,221	48,33345	0,074423	0,005732
	18	2685,209	48,33056	2683,093	48,33321	0,078802	0,005483
	19	2685,198	48,33045	2682,964	48,33299	0,083181	0,005244
	20	2685,187	48,33038	2682,836	48,33278	0,08756	0,004982
	21	2685,176	48,33031	2682,708	48,33259	0,091939	0,004725
	22	2685,166	48,33026	2682,579	48,33241	0,096319	0,004466
	23	2685,155	48,33021	2682,451	48,33225	0,100698	0,004209
	24	2685,144	48,33018	2682,323	48,33209	0,105078	0,003967
	25	2685,133	48,33014	2682,194	48,33195	0,109457	0,003735
	26	2685,123	48,33012	2682,066	48,33181	0,113837	0,003503
	27	2685,112	48,3301	2681,938	48,33169	0,118217	0,00329
	28	2685,101	48,33008	2681,809	48,33157	0,122597	0,003087
	29	2685,09	48,33007	2681,681	48,33146	0,126977	0,002895
	30	2685,08	48,33005	2681,552	48,33136	0,131357	0,002711
	31	2685,069	48,33004	2681,424	48,33127	0,135738	0,002536

Tabel H, 5 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,26	32	2685,058	48,33004	2681,296	48,33118	0,140118	0,002371
	33	2685,047	48,33003	2681,167	48,3311	0,144499	0,002215
	34	2685,036	48,33003	2681,039	48,33103	0,14888	0,00207
	35	2685,026	48,33002	2680,911	48,33095	0,153261	0,001933
	36	2685,015	48,33002	2680,782	48,33089	0,157642	0,001806
	37	2685,004	48,33001	2680,654	48,33083	0,162023	0,001685
	38	2684,993	48,33001	2680,525	48,33077	0,166404	0,001572
	39	2684,983	48,33001	2680,397	48,33072	0,170785	0,001466
	40	2684,972	48,33001	2680,269	48,33067	0,175167	0,001367
	41	2684,961	48,33001	2680,14	48,33062	0,179548	0,001275
	42	2684,95	48,33001	2680,012	48,33058	0,18393	0,001189
	43	2684,94	48,33	2679,883	48,33054	0,188312	0,001108
	44	2684,929	48,33	2679,755	48,3305	0,192694	0,001033
	45	2684,918	48,33	2679,627	48,33047	0,197076	0,000962
	46	2684,907	48,33	2679,498	48,33044	0,201458	0,000897
	47	2684,896	48,33	2679,37	48,33041	0,205841	0,000836
	48	2684,886	48,33	2679,241	48,33038	0,210223	0,000778
	49	2684,875	48,33	2679,113	48,33035	0,214606	0,000725
	50	2684,864	48,33	2678,985	48,33033	0,218988	0,000676
	51	2684,853	48,33	2678,856	48,33031	0,223371	0,000629
	52	2684,843	48,33	2678,728	48,33028	0,227754	0,000586
	53	2684,832	48,33	2678,599	48,33026	0,232137	0,000546
	54	2684,821	48,33	2678,471	48,33025	0,23652	0,000509
	55	2684,81	48,33	2678,343	48,33023	0,240903	0,000474
	56	2684,8	48,33	2678,214	48,33021	0,245287	0,000441
	57	2684,789	48,33	2678,086	48,3302	0,24967	0,000411
	58	2684,778	48,33	2677,957	48,33019	0,254054	0,000383
	59	2684,767	48,33	2677,829	48,33017	0,258438	0,000356
	60	2684,756	48,33	2677,7	48,33016	0,262822	0,000332
	61	2684,746	48,33	2677,572	48,33015	0,267206	0,000309
	62	2684,735	48,33	2677,443	48,33014	0,27159	0,000288
	63	2684,724	48,33	2677,315	48,33013	0,275974	0,000268
	64	2684,713	48,33	2677,187	48,33012	0,280359	0,00025
	65	2684,703	48,33	2677,058	48,33011	0,284743	0,000232
	66	2684,692	48,33	2676,93	48,3301	0,289128	0,000216
	67	2684,681	48,33	2676,801	48,3301	0,293512	0,000202
	68	2684,67	48,33	2676,673	48,33009	0,297897	0,000188

Tabel H, 5 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,26	69	2684,66	48,33	2676,544	48,33008	0,302282	0,000175
	70	2684,649	48,33	2676,416	48,33008	0,306667	0,000163
	71	2684,638	48,33	2676,287	48,33007	0,311053	0,000152
	72	2684,627	48,33	2676,159	48,33007	0,315438	0,000141
	73	2684,616	48,33	2676,03	48,33006	0,319823	0,000131
	74	2684,606	48,33	2675,902	48,33006	0,324209	0,000122
	75	2684,595	48,33	2675,773	48,33006	0,328595	0,000114
	76	2684,584	48,33	2675,645	48,33005	0,332981	0,000106
	77	2684,573	48,33	2675,517	48,33005	0,337367	9,88E-05
	78	2684,563	48,33	2675,388	48,33004	0,341753	9,2E-05
	79	2684,552	48,33	2675,26	48,33004	0,346139	8,57E-05
	80	2684,541	48,33	2675,131	48,33004	0,350525	7,98E-05
	81	2684,53	48,33	2675,003	48,33004	0,354912	7,43E-05
	82	2684,52	48,33	2674,874	48,33003	0,359298	6,92E-05
	83	2684,509	48,33	2674,746	48,33003	0,363685	6,44E-05
	84	2684,498	48,33	2674,617	48,33003	0,368072	6E-05
	85	2684,487	48,33	2674,489	48,33003	0,372459	5,58E-05
	86	2684,476	48,33	2674,36	48,33003	0,376846	5,2E-05
	87	2684,466	48,33	2674,232	48,33002	0,381233	4,84E-05
	88	2684,455	48,33	2674,103	48,33002	0,38562	4,51E-05
	89	2684,444	48,33	2673,975	48,33002	0,390008	4,2E-05
	90	2684,433	48,33	2673,846	48,33002	0,394395	3,91E-05
	91	2684,423	48,33	2673,718	48,33002	0,398783	3,64E-05
	92	2684,412	48,33	2673,589	48,33002	0,403171	3,39E-05
	93	2684,401	48,33	2673,461	48,33002	0,407559	3,16E-05
	94	2684,39	48,33	2673,332	48,33001	0,411947	2,94E-05
	95	2684,38	48,33	2673,204	48,33001	0,416335	2,74E-05
	96	2684,369	48,33	2673,075	48,33001	0,420723	2,55E-05
	97	2684,358	48,33	2672,946	48,33001	0,425111	2,37E-05
	98	2684,347	48,33	2672,818	48,33001	0,4295	2,21E-05
	99	2684,336	48,33	2672,689	48,33001	0,433889	2,06E-05
	100	2684,326	48,33	2672,561	48,33001	0,438277	1,92E-05

**Tabel H, 6** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,27 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,27	0	2685,131	48,34773	2685,131	48,34773	3,64E-09	4,65E-09
	1	2685,12	48,34591	2684,998	48,34655	0,004561	0,001333
	2	2685,109	48,34409	2684,864	48,34545	0,009123	0,002822
	3	2685,099	48,34224	2684,731	48,34443	0,013685	0,00452
	4	2685,088	48,34061	2684,598	48,34347	0,018247	0,005926
	5	2685,077	48,33908	2684,465	48,34258	0,022809	0,007227
	6	2685,066	48,33763	2684,331	48,34174	0,027371	0,008502
	7	2685,055	48,33654	2684,198	48,34096	0,031933	0,009144
	8	2685,045	48,33553	2684,065	48,34024	0,036495	0,009729
	9	2685,034	48,33463	2683,931	48,33956	0,041057	0,010201
	10	2685,023	48,33383	2683,798	48,33892	0,04562	0,010547
	11	2685,012	48,33329	2683,665	48,33833	0,050183	0,010426
	12	2685,002	48,33278	2683,532	48,33778	0,054745	0,010342
	13	2684,991	48,33227	2683,398	48,33726	0,059308	0,010339
	14	2684,98	48,33186	2683,265	48,33678	0,063871	0,01019
	15	2684,969	48,33156	2683,132	48,33633	0,068434	0,009874
	16	2684,959	48,33126	2682,999	48,33591	0,072998	0,009619
	17	2684,948	48,33104	2682,865	48,33552	0,077561	0,009276
	18	2684,937	48,33086	2682,732	48,33515	0,082124	0,008889
	19	2684,926	48,3307	2682,599	48,33481	0,086688	0,008515
	20	2684,915	48,33057	2682,465	48,33449	0,091252	0,008106
	21	2684,905	48,33047	2682,332	48,33419	0,095816	0,007702
	22	2684,894	48,33039	2682,199	48,33392	0,10038	0,007295
	23	2684,883	48,33033	2682,066	48,33366	0,104944	0,00689
	24	2684,872	48,33027	2681,932	48,33341	0,109508	0,006508
	25	2684,862	48,33022	2681,799	48,33319	0,114072	0,00614
	26	2684,851	48,33019	2681,666	48,33298	0,118637	0,005772
	27	2684,84	48,33015	2681,532	48,33278	0,123201	0,005433
	28	2684,829	48,33012	2681,399	48,33259	0,127766	0,00511
	29	2684,819	48,3301	2681,266	48,33242	0,132331	0,004803
	30	2684,808	48,33008	2681,132	48,33226	0,136896	0,004508
	31	2684,797	48,33007	2680,999	48,33211	0,141461	0,004228



Tabel H, 6 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,27	32	2684,786	48,33006	2680,866	48,33197	0,146026	0,003962
	33	2684,775	48,33005	2680,732	48,33184	0,150592	0,003711
	34	2684,765	48,33004	2680,599	48,33172	0,155157	0,003475
	35	2684,754	48,33003	2680,466	48,3316	0,159723	0,003254
	36	2684,743	48,33003	2680,332	48,3315	0,164288	0,003047
	37	2684,732	48,33002	2680,199	48,3314	0,168854	0,002851
	38	2684,722	48,33002	2680,066	48,33131	0,17342	0,002666
	39	2684,711	48,33001	2679,932	48,33122	0,177986	0,002493
	40	2684,7	48,33001	2679,799	48,33114	0,182553	0,002331
	41	2684,689	48,33001	2679,666	48,33106	0,187119	0,002179
	42	2684,679	48,33001	2679,532	48,33099	0,191686	0,002037
	43	2684,668	48,33001	2679,399	48,33093	0,196252	0,001903
	44	2684,657	48,33001	2679,266	48,33086	0,200819	0,001778
	45	2684,646	48,33	2679,132	48,33081	0,205386	0,001662
	46	2684,635	48,33	2678,999	48,33075	0,209953	0,001552
	47	2684,625	48,33	2678,866	48,3307	0,21452	0,00145
	48	2684,614	48,33	2678,732	48,33066	0,219087	0,001355
	49	2684,603	48,33	2678,599	48,33061	0,223655	0,001265
	50	2684,592	48,33	2678,466	48,33057	0,228222	0,001182
	51	2684,582	48,33	2678,332	48,33053	0,23279	0,001104
	52	2684,571	48,33	2678,199	48,3305	0,237358	0,001031
	53	2684,56	48,33	2678,065	48,33047	0,241926	0,000963
	54	2684,549	48,33	2677,932	48,33044	0,246494	0,000899
	55	2684,539	48,33	2677,799	48,33041	0,251062	0,00084
	56	2684,528	48,33	2677,665	48,33038	0,25563	0,000784
	57	2684,517	48,33	2677,532	48,33035	0,260199	0,000732
	58	2684,506	48,33	2677,399	48,33033	0,264767	0,000684
	59	2684,496	48,33	2677,265	48,33031	0,269336	0,000638
	60	2684,485	48,33	2677,132	48,33029	0,273905	0,000596
	61	2684,474	48,33	2676,998	48,33027	0,278474	0,000557
	62	2684,463	48,33	2676,865	48,33025	0,283043	0,00052
	63	2684,452	48,33	2676,732	48,33023	0,287612	0,000485
	64	2684,442	48,33	2676,598	48,33022	0,292181	0,000453
	65	2684,431	48,33	2676,465	48,3302	0,296751	0,000423
	66	2684,42	48,33	2676,331	48,33019	0,30132	0,000395
	67	2684,409	48,33	2676,198	48,33018	0,30589	0,000369

Tabel H, 6 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,27	68	2684,399	48,33	2676,065	48,33017	0,31046	0,000344
	69	2684,388	48,33	2675,931	48,33016	0,31503	0,000322
	70	2684,377	48,33	2675,798	48,33015	0,3196	0,0003
	71	2684,366	48,33	2675,664	48,33014	0,32417	0,00028
	72	2684,356	48,33	2675,531	48,33013	0,328741	0,000262
	73	2684,345	48,33	2675,398	48,33012	0,333311	0,000244
	74	2684,334	48,33	2675,264	48,33011	0,337882	0,000228
	75	2684,323	48,33	2675,131	48,3301	0,342453	0,000213
	76	2684,312	48,33	2674,997	48,3301	0,347024	0,000199
	77	2684,302	48,33	2674,864	48,33009	0,351595	0,000186
	78	2684,291	48,33	2674,73	48,33008	0,356166	0,000173
	79	2684,28	48,33	2674,597	48,33008	0,360737	0,000162
	80	2684,269	48,33	2674,464	48,33007	0,365309	0,000151
	81	2684,259	48,33	2674,33	48,33007	0,36988	0,000141
	82	2684,248	48,33	2674,197	48,33006	0,374452	0,000132
	83	2684,237	48,33	2674,063	48,33006	0,379024	0,000123
	84	2684,226	48,33	2673,93	48,33006	0,383596	0,000115
	85	2684,216	48,33	2673,796	48,33005	0,388168	0,000107
	86	2684,205	48,33	2673,663	48,33005	0,39274	0,0001
	87	2684,194	48,33	2673,529	48,33005	0,397312	9,35E-05
	88	2684,183	48,33	2673,396	48,33004	0,401885	8,73E-05
	89	2684,172	48,33	2673,262	48,33004	0,406457	8,15E-05
	90	2684,162	48,33	2673,129	48,33004	0,41103	7,61E-05
	91	2684,151	48,33	2672,996	48,33003	0,415603	7,1E-05
	92	2684,14	48,33	2672,862	48,33003	0,420176	6,63E-05
	93	2684,129	48,33	2672,729	48,33003	0,424749	6,19E-05
	94	2684,119	48,33	2672,595	48,33003	0,429322	5,78E-05
	95	2684,108	48,33	2672,462	48,33003	0,433896	5,4E-05
	96	2684,097	48,33	2672,328	48,33002	0,438469	5,04E-05
	97	2684,086	48,33	2672,195	48,33002	0,443043	4,71E-05
	98	2684,076	48,33	2672,061	48,33002	0,447616	4,39E-05
	99	2684,065	48,33	2671,928	48,33002	0,45219	4,1E-05
	100	2684,054	48,33	2671,794	48,33002	0,456764	3,83E-05



**Tabel H, 7** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,28 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,28	0	2684,871	48,35359	2684,871	48,35359	1,31E-08	6,06E-10
	1	2684,86	48,35117	2684,733	48,35208	0,004746	0,001887
	2	2684,85	48,34875	2684,595	48,35066	0,009492	0,003966
	3	2684,839	48,34629	2684,457	48,34934	0,014239	0,00631
	4	2684,828	48,34411	2684,318	48,3481	0,018985	0,008254
	5	2684,817	48,34209	2684,18	48,34694	0,023732	0,010048
	6	2684,807	48,34016	2684,042	48,34586	0,028478	0,011796
	7	2684,796	48,33871	2683,904	48,34484	0,033225	0,012695
	8	2684,785	48,33736	2683,766	48,34389	0,037972	0,01351
	9	2684,774	48,33616	2683,627	48,343	0,042719	0,014167
	10	2684,764	48,33509	2683,489	48,34217	0,047466	0,01465
	11	2684,753	48,33438	2683,351	48,34139	0,052213	0,014506
	12	2684,742	48,3337	2683,213	48,34066	0,056961	0,014407
	13	2684,731	48,33302	2683,075	48,33998	0,061708	0,014411
	14	2684,72	48,33247	2682,936	48,33934	0,066456	0,014218
	15	2684,71	48,33207	2682,798	48,33874	0,071203	0,013798
	16	2684,699	48,33168	2682,66	48,33818	0,075951	0,013458
	17	2684,688	48,33138	2682,522	48,33766	0,080699	0,012997
	18	2684,677	48,33114	2682,383	48,33717	0,085447	0,012475
	19	2684,667	48,33093	2682,245	48,33671	0,090196	0,011969
	20	2684,656	48,33076	2682,107	48,33628	0,094944	0,011414
	21	2684,645	48,33063	2681,969	48,33588	0,099693	0,010866
	22	2684,634	48,33052	2681,83	48,3355	0,104441	0,010311
	23	2684,624	48,33043	2681,692	48,33515	0,10919	0,009759
	24	2684,613	48,33036	2681,554	48,33482	0,113939	0,009235
	25	2684,602	48,33029	2681,416	48,33451	0,118688	0,008731
	26	2684,591	48,33025	2681,277	48,33422	0,123437	0,008226
	27	2684,58	48,3302	2681,139	48,33395	0,128186	0,007759
	28	2684,57	48,33017	2681,001	48,3337	0,132936	0,007313
	29	2684,559	48,33013	2680,863	48,33346	0,137685	0,006888
	30	2684,548	48,33011	2680,724	48,33324	0,142435	0,006479
	31	2684,537	48,33009	2680,586	48,33303	0,147185	0,00609

Tabel H, 7 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,28	32	2684,527	48,33007	2680,448	48,33284	0,151935	0,00572
	33	2684,516	48,33006	2680,31	48,33266	0,156685	0,00537
	34	2684,505	48,33005	2680,171	48,33249	0,161435	0,00504
	35	2684,494	48,33004	2680,033	48,33233	0,166186	0,00473
	36	2684,484	48,33003	2679,895	48,33218	0,170936	0,00444
	37	2684,473	48,33003	2679,757	48,33204	0,175687	0,004164
	38	2684,462	48,33002	2679,618	48,33191	0,180438	0,003903
	39	2684,451	48,33002	2679,48	48,33179	0,185189	0,003658
	40	2684,44	48,33002	2679,342	48,33167	0,18994	0,003428
	41	2684,43	48,33001	2679,203	48,33157	0,194691	0,003212
	42	2684,419	48,33001	2679,065	48,33147	0,199442	0,00301
	43	2684,408	48,33001	2678,927	48,33137	0,204194	0,00282
	44	2684,397	48,33001	2678,789	48,33128	0,208945	0,002641
	45	2684,387	48,33001	2678,65	48,3312	0,213697	0,002474
	46	2684,376	48,33	2678,512	48,33112	0,218449	0,002317
	47	2684,365	48,33	2678,374	48,33105	0,223201	0,00217
	48	2684,354	48,33	2678,235	48,33099	0,227953	0,002031
	49	2684,344	48,33	2678,097	48,33092	0,232705	0,001902
	50	2684,333	48,33	2677,959	48,33086	0,237458	0,001781
	51	2684,322	48,33	2677,82	48,33081	0,24221	0,001668
	52	2684,311	48,33	2677,682	48,33076	0,246963	0,001561
	53	2684,301	48,33	2677,544	48,33071	0,251716	0,001462
	54	2684,29	48,33	2677,405	48,33066	0,256469	0,001368
	55	2684,279	48,33	2677,267	48,33062	0,261222	0,001281
	56	2684,268	48,33	2677,129	48,33058	0,265975	0,001199
	57	2684,257	48,33	2676,99	48,33054	0,270728	0,001123
	58	2684,247	48,33	2676,852	48,33051	0,275482	0,001051
	59	2684,236	48,33	2676,714	48,33048	0,280236	0,000984
	60	2684,225	48,33	2676,575	48,33045	0,284989	0,000921
	61	2684,214	48,33	2676,437	48,33042	0,289743	0,000862
	62	2684,204	48,33	2676,299	48,33039	0,294497	0,000807
	63	2684,193	48,33	2676,16	48,33037	0,299252	0,000755
	64	2684,182	48,33	2676,022	48,33034	0,304006	0,000707
	65	2684,171	48,33	2675,884	48,33032	0,308761	0,000662
	66	2684,161	48,33	2675,745	48,3303	0,313515	0,000619
	67	2684,15	48,33	2675,607	48,33028	0,31827	0,00058

Tabel H, 7 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,28	68	2684,139	48,33	2675,469	48,33026	0,323025	0,000543
	69	2684,128	48,33	2675,33	48,33025	0,32778	0,000508
	70	2684,117	48,33	2675,192	48,33023	0,332535	0,000475
	71	2684,107	48,33	2675,053	48,33022	0,33729	0,000445
	72	2684,096	48,33	2674,915	48,3302	0,342046	0,000416
	73	2684,085	48,33	2674,777	48,33019	0,346801	0,00039
	74	2684,074	48,33	2674,638	48,33018	0,351557	0,000365
	75	2684,064	48,33	2674,5	48,33017	0,356313	0,000342
	76	2684,053	48,33	2674,362	48,33015	0,361069	0,00032
	77	2684,042	48,33	2674,223	48,33014	0,365825	0,000299
	78	2684,031	48,33	2674,085	48,33014	0,370581	0,00028
	79	2684,021	48,33	2673,946	48,33013	0,375338	0,000262
	80	2684,01	48,33	2673,808	48,33012	0,380094	0,000245
	81	2683,999	48,33	2673,67	48,33011	0,384851	0,00023
	82	2683,988	48,33	2673,531	48,3301	0,389608	0,000215
	83	2683,977	48,33	2673,393	48,3301	0,394365	0,000201
	84	2683,967	48,33	2673,254	48,33009	0,399122	0,000188
	85	2683,956	48,33	2673,116	48,33009	0,403879	0,000176
	86	2683,945	48,33	2672,978	48,33008	0,408637	0,000165
	87	2683,934	48,33	2672,839	48,33007	0,413394	0,000154
	88	2683,924	48,33	2672,701	48,33007	0,418152	0,000145
	89	2683,913	48,33	2672,562	48,33007	0,42291	0,000135
	90	2683,902	48,33	2672,424	48,33006	0,427668	0,000127
	91	2683,891	48,33	2672,286	48,33006	0,432426	0,000118
	92	2683,881	48,33	2672,147	48,33005	0,437184	0,000111
	93	2683,87	48,33	2672,009	48,33005	0,441942	0,000104
	94	2683,859	48,33	2671,87	48,33005	0,446701	9,72E-05
	95	2683,848	48,33	2671,732	48,33004	0,45146	9,09E-05
	96	2683,838	48,33	2671,593	48,33004	0,456218	8,51E-05
	97	2683,827	48,33	2671,455	48,33004	0,460977	7,97E-05
	98	2683,816	48,33	2671,316	48,33004	0,465736	7,46E-05
	99	2683,805	48,33	2671,178	48,33003	0,470496	6,98E-05
	100	2683,794	48,33	2671,04	48,33003	0,475255	6,53E-05

**Tabel H, 8** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,29 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,29	0	2674,227	48,35919	2684,623	48,35919	0,388743	9,8E-09
	1	2674,216	48,35619	2684,48	48,35738	0,383794	0,002466
	2	2674,205	48,3532	2684,336	48,35569	0,378844	0,005153
	3	2674,195	48,35016	2684,193	48,3541	0,373895	0,008153
	4	2674,184	48,34746	2684,05	48,35261	0,368945	0,010645
	5	2674,173	48,34496	2683,907	48,35121	0,363995	0,012938
	6	2674,162	48,34257	2683,764	48,3499	0,359045	0,015164
	7	2674,152	48,34078	2683,621	48,34867	0,354095	0,016329
	8	2674,141	48,33911	2683,478	48,34751	0,349145	0,017381
	9	2674,13	48,33762	2683,334	48,34643	0,344194	0,018231
	10	2674,119	48,3363	2683,191	48,34541	0,339244	0,018857
	11	2674,109	48,33542	2683,048	48,34446	0,334293	0,018702
	12	2674,098	48,33458	2682,905	48,34357	0,329343	0,018596
	13	2674,087	48,33373	2682,762	48,34273	0,324392	0,018613
	14	2674,077	48,33306	2682,619	48,34194	0,319441	0,018381
	15	2674,066	48,33257	2682,475	48,3412	0,31449	0,017865
	16	2674,055	48,33208	2682,332	48,34051	0,309538	0,017443
	17	2674,044	48,33171	2682,189	48,33986	0,304587	0,016869
	18	2674,034	48,33141	2682,046	48,33925	0,299636	0,016217
	19	2674,023	48,33115	2681,903	48,33868	0,294684	0,015583
	20	2674,012	48,33095	2681,76	48,33814	0,289732	0,014885
	21	2674,001	48,33078	2681,616	48,33764	0,28478	0,014195
	22	2673,991	48,33064	2681,473	48,33716	0,279828	0,013495
	23	2673,98	48,33054	2681,33	48,33672	0,274876	0,012796
	24	2673,969	48,33044	2681,187	48,33631	0,269924	0,012132
	25	2673,958	48,33036	2681,044	48,33592	0,264971	0,011492
	26	2673,948	48,33031	2680,9	48,33555	0,260019	0,010849
	27	2673,937	48,33025	2680,757	48,33521	0,255066	0,010253
	28	2673,926	48,3302	2680,614	48,33488	0,250113	0,009683
	29	2673,915	48,33017	2680,471	48,33458	0,24516	0,009138
	30	2673,905	48,33014	2680,328	48,3343	0,240207	0,008613
	31	2673,894	48,33011	2680,184	48,33403	0,235253	0,008113

Tabel H, 8 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,29	32	2673,883	48,33009	2680,041	48,33378	0,2303	0,007637
	33	2673,873	48,33008	2679,898	48,33355	0,225346	0,007184
	34	2673,862	48,33006	2679,755	48,33333	0,220392	0,006758
	35	2673,851	48,33005	2679,612	48,33312	0,215439	0,006355
	36	2673,84	48,33004	2679,468	48,33293	0,210485	0,005978
	37	2673,83	48,33003	2679,325	48,33275	0,20553	0,005618
	38	2673,819	48,33003	2679,182	48,33258	0,200576	0,005278
	39	2673,808	48,33002	2679,039	48,33242	0,195622	0,004957
	40	2673,797	48,33002	2678,895	48,33227	0,190667	0,004656
	41	2673,787	48,33002	2678,752	48,33213	0,185712	0,004373
	42	2673,776	48,33001	2678,609	48,332	0,180757	0,004108
	43	2673,765	48,33001	2678,466	48,33187	0,175802	0,003856
	44	2673,754	48,33001	2678,322	48,33176	0,170847	0,00362
	45	2673,744	48,33001	2678,179	48,33165	0,165892	0,003398
	46	2673,733	48,33001	2678,036	48,33155	0,160936	0,00319
	47	2673,722	48,33	2677,893	48,33145	0,155981	0,002994
	48	2673,711	48,33	2677,749	48,33136	0,151025	0,00281
	49	2673,701	48,33	2677,606	48,33128	0,146069	0,002637
	50	2673,69	48,33	2677,463	48,3312	0,141113	0,002475
	51	2673,679	48,33	2677,32	48,33112	0,136157	0,002322
	52	2673,669	48,33	2677,176	48,33105	0,1312	0,002179
	53	2673,658	48,33	2677,033	48,33099	0,126244	0,002045
	54	2673,647	48,33	2676,89	48,33093	0,121287	0,001919
	55	2673,636	48,33	2676,747	48,33087	0,11633	0,0018
	56	2673,626	48,33	2676,603	48,33082	0,111373	0,001689
	57	2673,615	48,33	2676,46	48,33077	0,106416	0,001585
	58	2673,604	48,33	2676,317	48,33072	0,101459	0,001487
	59	2673,593	48,33	2676,173	48,33067	0,096502	0,001395
	60	2673,583	48,33	2676,03	48,33063	0,091544	0,001309
	61	2673,572	48,33	2675,887	48,33059	0,086586	0,001228
	62	2673,561	48,33	2675,744	48,33056	0,081629	0,001152
	63	2673,55	48,33	2675,6	48,33052	0,076671	0,001081
	64	2673,54	48,33	2675,457	48,33049	0,071713	0,001014
	65	2673,529	48,33	2675,314	48,33046	0,066754	0,000951
	66	2673,518	48,33	2675,17	48,33043	0,061796	0,000893
	67	2673,507	48,33	2675,027	48,3304	0,056837	0,000837

Tabel H, 8 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,29	68	2673,497	48,33	2674,884	48,33038	0,051879	0,000786
	69	2673,486	48,33	2674,74	48,33036	0,04692	0,000737
	70	2673,475	48,33	2674,597	48,33033	0,041961	0,000692
	71	2673,464	48,33	2674,454	48,33031	0,037002	0,000649
	72	2673,454	48,33	2674,31	48,33029	0,032042	0,000609
	73	2673,443	48,33	2674,167	48,33028	0,027083	0,000571
	74	2673,432	48,33	2674,024	48,33026	0,022123	0,000536
	75	2673,422	48,33	2673,88	48,33024	0,017163	0,000503
	76	2673,411	48,33	2673,737	48,33023	0,012204	0,000471
	77	2673,4	48,33	2673,594	48,33021	0,007243	0,000442
	78	2673,389	48,33	2673,45	48,3302	0,002283	0,000415
	79	2673,379	48,33	2673,307	48,33019	0,002677	0,000389
	80	2673,368	48,33	2673,164	48,33018	0,007638	0,000365
	81	2673,357	48,33	2673,02	48,33017	0,012598	0,000343
	82	2673,346	48,33	2672,877	48,33016	0,017559	0,000321
	83	2673,336	48,33	2672,734	48,33015	0,02252	0,000302
	84	2673,325	48,33	2672,59	48,33014	0,027481	0,000283
	85	2673,314	48,33	2672,447	48,33013	0,032442	0,000265
	86	2673,303	48,33	2672,304	48,33012	0,037404	0,000249
	87	2673,293	48,33	2672,16	48,33011	0,042365	0,000234
	88	2673,282	48,33	2672,017	48,33011	0,047327	0,000219
	89	2673,271	48,33	2671,873	48,3301	0,052289	0,000206
	90	2673,26	48,33	2671,73	48,33009	0,057251	0,000193
	91	2673,25	48,33	2671,587	48,33009	0,062213	0,000181
	92	2673,239	48,33	2671,443	48,33008	0,067175	0,00017
	93	2673,228	48,33	2671,3	48,33008	0,072137	0,000159
	94	2673,218	48,33	2671,156	48,33007	0,0771	0,000149
	95	2673,207	48,33	2671,013	48,33007	0,082063	0,00014
	96	2673,196	48,33	2670,87	48,33006	0,087026	0,000131
	97	2673,185	48,33	2670,726	48,33006	0,091989	0,000123
	98	2673,175	48,33	2670,583	48,33006	0,096952	0,000116
	99	2673,164	48,33	2670,439	48,33005	0,101915	0,000109
	100	2673,153	48,33	2670,296	48,33005	0,106878	0,000102



**Tabel H, 9** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,3 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,3	0	2684,283	48,36684	2684,283	48,36684	2,86E-09	6,21E-09
	1	2684,272	48,36306	2684,133	48,36467	0,005197	0,00333
	2	2684,261	48,35928	2683,982	48,36263	0,010393	0,006914
	3	2684,251	48,35545	2683,832	48,3607	0,01559	0,010868
	4	2684,24	48,35204	2683,682	48,35889	0,020787	0,014159
	5	2684,229	48,34888	2683,532	48,35719	0,025984	0,01718
	6	2684,218	48,34587	2683,381	48,35558	0,031181	0,0201
	7	2684,208	48,3436	2683,231	48,35407	0,036378	0,021663
	8	2684,197	48,3415	2683,081	48,35265	0,041576	0,023069
	9	2684,186	48,33962	2682,93	48,35132	0,046773	0,024206
	10	2684,175	48,33795	2682,78	48,35006	0,051971	0,02505
	11	2684,164	48,33684	2682,63	48,34888	0,057169	0,024896
	12	2684,154	48,33578	2682,48	48,34776	0,062367	0,024795
	13	2684,143	48,33471	2682,329	48,34672	0,067565	0,024839
	14	2684,132	48,33386	2682,179	48,34573	0,072763	0,024562
	15	2684,121	48,33324	2682,029	48,3448	0,077961	0,02392
	16	2684,111	48,33262	2681,879	48,34393	0,08316	0,023392
	17	2684,1	48,33215	2681,728	48,34311	0,088359	0,022664
	18	2684,089	48,33178	2681,578	48,34233	0,093557	0,021835
	19	2684,078	48,33145	2681,428	48,34161	0,098756	0,021023
	20	2684,068	48,33119	2681,277	48,34092	0,103955	0,020128
	21	2684,057	48,33098	2681,127	48,34028	0,109155	0,019238
	22	2684,046	48,33081	2680,977	48,33967	0,114354	0,018334
	23	2684,035	48,33068	2680,826	48,3391	0,119554	0,01743
	24	2684,024	48,33056	2680,676	48,33856	0,124753	0,016566
	25	2684,014	48,33046	2680,526	48,33806	0,129953	0,015731
	26	2684,003	48,33039	2680,375	48,33758	0,135153	0,014892
	27	2683,992	48,33032	2680,225	48,33714	0,140353	0,014111
	28	2683,981	48,33026	2680,075	48,33672	0,145553	0,013361
	29	2683,971	48,33021	2679,924	48,33632	0,150754	0,012642
	30	2683,96	48,33017	2679,774	48,33595	0,155954	0,011949
	31	2683,949	48,33014	2679,624	48,3356	0,161155	0,011287

Tabel H, 9 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,3	32	2683,938	48,33012	2679,473	48,33527	0,166356	0,010654
	33	2683,928	48,3301	2679,323	48,33496	0,171557	0,010051
	34	2683,917	48,33008	2679,173	48,33466	0,176758	0,009482
	35	2683,906	48,33007	2679,022	48,33439	0,181959	0,008943
	36	2683,895	48,33005	2678,872	48,33413	0,187161	0,008435
	37	2683,885	48,33004	2678,722	48,33389	0,192363	0,007951
	38	2683,874	48,33004	2678,571	48,33366	0,197564	0,007491
	39	2683,863	48,33003	2678,421	48,33344	0,202766	0,007057
	40	2683,852	48,33002	2678,271	48,33324	0,207968	0,006648
	41	2683,841	48,33002	2678,12	48,33305	0,213171	0,006262
	42	2683,831	48,33002	2677,97	48,33287	0,218373	0,005899
	43	2683,82	48,33001	2677,82	48,3327	0,223576	0,005554
	44	2683,809	48,33001	2677,669	48,33254	0,228778	0,00523
	45	2683,798	48,33001	2677,519	48,33239	0,233981	0,004924
	46	2683,788	48,33001	2677,368	48,33225	0,239184	0,004636
	47	2683,777	48,33001	2677,218	48,33212	0,244388	0,004365
	48	2683,766	48,33001	2677,068	48,33199	0,249591	0,004108
	49	2683,755	48,33	2676,917	48,33187	0,254794	0,003867
	50	2683,745	48,33	2676,767	48,33176	0,259998	0,00364
	51	2683,734	48,33	2676,617	48,33166	0,265202	0,003426
	52	2683,723	48,33	2676,466	48,33156	0,270406	0,003225
	53	2683,712	48,33	2676,316	48,33147	0,27561	0,003035
	54	2683,702	48,33	2676,165	48,33138	0,280814	0,002857
	55	2683,691	48,33	2676,015	48,3313	0,286019	0,002689
	56	2683,68	48,33	2675,864	48,33122	0,291224	0,00253
	57	2683,669	48,33	2675,714	48,33115	0,296428	0,002381
	58	2683,658	48,33	2675,564	48,33108	0,301633	0,002241
	59	2683,648	48,33	2675,413	48,33102	0,306838	0,002109
	60	2683,637	48,33	2675,263	48,33096	0,312044	0,001985
	61	2683,626	48,33	2675,112	48,3309	0,317249	0,001868
	62	2683,615	48,33	2674,962	48,33085	0,322455	0,001758
	63	2683,605	48,33	2674,812	48,3308	0,32766	0,001654
	64	2683,594	48,33	2674,661	48,33075	0,332866	0,001557
	65	2683,583	48,33	2674,511	48,33071	0,338072	0,001465
	66	2683,572	48,33	2674,36	48,33067	0,343279	0,001379
	67	2683,562	48,33	2674,21	48,33063	0,348485	0,001297



Tabel H, 9 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,3	68	2683,551	48,33	2674,059	48,33059	0,353692	0,001221
	69	2683,54	48,33	2673,909	48,33056	0,358898	0,001149
	70	2683,529	48,33	2673,758	48,33052	0,364105	0,001081
	71	2683,519	48,33	2673,608	48,33049	0,369312	0,001017
	72	2683,508	48,33	2673,457	48,33046	0,374519	0,000957
	73	2683,497	48,33	2673,307	48,33044	0,379727	0,000901
	74	2683,486	48,33	2673,157	48,33041	0,384934	0,000848
	75	2683,475	48,33	2673,006	48,33039	0,390142	0,000798
	76	2683,465	48,33	2672,856	48,33036	0,39535	0,000751
	77	2683,454	48,33	2672,705	48,33034	0,400558	0,000706
	78	2683,443	48,33	2672,555	48,33032	0,405766	0,000665
	79	2683,432	48,33	2672,404	48,3303	0,410974	0,000626
	80	2683,422	48,33	2672,254	48,33028	0,416183	0,000589
	81	2683,411	48,33	2672,103	48,33027	0,421391	0,000554
	82	2683,4	48,33	2671,953	48,33025	0,4266	0,000521
	83	2683,389	48,33	2671,802	48,33024	0,431809	0,00049
	84	2683,379	48,33	2671,652	48,33022	0,437018	0,000462
	85	2683,368	48,33	2671,501	48,33021	0,442227	0,000434
	86	2683,357	48,33	2671,351	48,3302	0,447437	0,000409
	87	2683,346	48,33	2671,2	48,33019	0,452646	0,000385
	88	2683,335	48,33	2671,05	48,33017	0,457856	0,000362
	89	2683,325	48,33	2670,899	48,33016	0,463066	0,000341
	90	2683,314	48,33	2670,749	48,33015	0,468276	0,00032
	91	2683,303	48,33	2670,598	48,33015	0,473486	0,000302
	92	2683,292	48,33	2670,448	48,33014	0,478697	0,000284
	93	2683,282	48,33	2670,297	48,33013	0,483907	0,000267
	94	2683,271	48,33	2670,147	48,33012	0,489118	0,000251
	95	2683,26	48,33	2669,996	48,33011	0,494329	0,000236
	96	2683,249	48,33	2669,845	48,33011	0,49954	0,000223
	97	2683,239	48,33	2669,695	48,3301	0,504751	0,000209
	98	2683,228	48,33	2669,544	48,3301	0,509963	0,000197
	99	2683,217	48,33	2669,394	48,33009	0,515174	0,000185
	100	2683,206	48,33	2669,243	48,33008	0,520386	0,000174

**Tabel H, 10** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,31 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,31	0	2684,156	48,3697	2684,156	48,3697	8,23E-09	9,69E-09
	1	2684,145	48,36562	2684,003	48,3674	0,0053	0,003674
	2	2684,134	48,36155	2683,85	48,36523	0,0106	0,007611
	3	2684,124	48,35742	2683,697	48,36319	0,0159	0,011938
	4	2684,113	48,35375	2683,544	48,36127	0,021201	0,015543
	5	2684,102	48,35034	2683,391	48,35946	0,026501	0,018848
	6	2684,091	48,3471	2683,238	48,35775	0,031802	0,022038
	7	2684,081	48,34466	2683,085	48,35614	0,037102	0,02376
	8	2684,07	48,34239	2682,932	48,35463	0,042403	0,025307
	9	2684,059	48,34036	2682,779	48,3532	0,047704	0,026558
	10	2684,048	48,33857	2682,626	48,35186	0,053005	0,02749
	11	2684,038	48,33737	2682,473	48,35059	0,058306	0,027342
	12	2684,027	48,33623	2682,32	48,3494	0,063608	0,027247
	13	2684,016	48,33508	2682,167	48,34827	0,068909	0,027305
	14	2684,005	48,33416	2682,013	48,34721	0,074211	0,027015
	15	2683,995	48,33349	2681,86	48,34622	0,079513	0,026328
	16	2683,984	48,33283	2681,707	48,34528	0,084815	0,025761
	17	2683,973	48,33232	2681,554	48,34439	0,090117	0,024977
	18	2683,962	48,33192	2681,401	48,34356	0,095419	0,024082
	19	2683,951	48,33156	2681,248	48,34277	0,100721	0,023204
	20	2683,941	48,33129	2681,095	48,34203	0,106024	0,022234
	21	2683,93	48,33106	2680,942	48,34134	0,111327	0,02127
	22	2683,919	48,33087	2680,789	48,34068	0,11663	0,020288
	23	2683,908	48,33073	2680,636	48,34006	0,121932	0,019305
	24	2683,898	48,3306	2680,483	48,33948	0,127236	0,018366
	25	2683,887	48,33049	2680,33	48,33893	0,132539	0,017456
	26	2683,876	48,33042	2680,177	48,33841	0,137842	0,016541
	27	2683,865	48,33034	2680,023	48,33792	0,143146	0,015688
	28	2683,855	48,33028	2679,87	48,33746	0,14845	0,014869
	29	2683,844	48,33023	2679,717	48,33703	0,153754	0,014083
	30	2683,833	48,33019	2679,564	48,33662	0,159058	0,013324
	31	2683,822	48,33015	2679,411	48,33624	0,164362	0,012598

Tabel H, 10 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,31	32	2683,812	48,33013	2679,258	48,33588	0,169666	0,011904
	33	2683,801	48,33011	2679,105	48,33554	0,174971	0,011242
	34	2683,79	48,33009	2678,952	48,33522	0,180276	0,010617
	35	2683,779	48,33007	2678,799	48,33492	0,18558	0,010023
	36	2683,768	48,33006	2678,646	48,33463	0,190885	0,009465
	37	2683,758	48,33005	2678,492	48,33436	0,196191	0,008931
	38	2683,747	48,33004	2678,339	48,33411	0,201496	0,008423
	39	2683,736	48,33003	2678,186	48,33387	0,206801	0,007944
	40	2683,725	48,33003	2678,033	48,33365	0,212107	0,007491
	41	2683,715	48,33002	2677,88	48,33344	0,217413	0,007064
	42	2683,704	48,33002	2677,727	48,33324	0,222719	0,006661
	43	2683,693	48,33001	2677,574	48,33305	0,228025	0,006279
	44	2683,682	48,33001	2677,42	48,33287	0,233331	0,005919
	45	2683,672	48,33001	2677,267	48,33271	0,238638	0,005579
	46	2683,661	48,33001	2677,114	48,33255	0,243944	0,005258
	47	2683,65	48,33001	2676,961	48,3324	0,249251	0,004955
	48	2683,639	48,33001	2676,808	48,33226	0,254558	0,00467
	49	2683,629	48,33	2676,655	48,33213	0,259865	0,004401
	50	2683,618	48,33	2676,502	48,33201	0,265173	0,004147
	51	2683,607	48,33	2676,348	48,33189	0,27048	0,003907
	52	2683,596	48,33	2676,195	48,33178	0,275788	0,003682
	53	2683,585	48,33	2676,042	48,33168	0,281095	0,003469
	54	2683,575	48,33	2675,889	48,33158	0,286403	0,003269
	55	2683,564	48,33	2675,736	48,33149	0,291711	0,00308
	56	2683,553	48,33	2675,582	48,3314	0,29702	0,002902
	57	2683,542	48,33	2675,429	48,33132	0,302328	0,002734
	58	2683,532	48,33	2675,276	48,33125	0,307637	0,002576
	59	2683,521	48,33	2675,123	48,33117	0,312945	0,002426
	60	2683,51	48,33	2674,97	48,33111	0,318254	0,002286
	61	2683,499	48,33	2674,817	48,33104	0,323563	0,002154
	62	2683,489	48,33	2674,663	48,33098	0,328873	0,002029
	63	2683,478	48,33	2674,51	48,33092	0,334182	0,001912
	64	2683,467	48,33	2674,357	48,33087	0,339492	0,001801
	65	2683,456	48,33	2674,204	48,33082	0,344801	0,001697
	66	2683,445	48,33	2674,05	48,33077	0,350111	0,001598
	67	2683,435	48,33	2673,897	48,33073	0,355421	0,001506

Tabel H, 10 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,31	68	2683,424	48,33	2673,744	48,33069	0,360732	0,001419
	69	2683,413	48,33	2673,591	48,33065	0,366042	0,001336
	70	2683,402	48,33	2673,438	48,33061	0,371353	0,001259
	71	2683,392	48,33	2673,284	48,33057	0,376663	0,001186
	72	2683,381	48,33	2673,131	48,33054	0,381974	0,001117
	73	2683,37	48,33	2672,978	48,33051	0,387285	0,001053
	74	2683,359	48,33	2672,825	48,33048	0,392596	0,000992
	75	2683,349	48,33	2672,671	48,33045	0,397908	0,000934
	76	2683,338	48,33	2672,518	48,33043	0,403219	0,00088
	77	2683,327	48,33	2672,365	48,3304	0,408531	0,000829
	78	2683,316	48,33	2672,212	48,33038	0,413843	0,000781
	79	2683,306	48,33	2672,058	48,33036	0,419155	0,000736
	80	2683,295	48,33	2671,905	48,33034	0,424467	0,000693
	81	2683,284	48,33	2671,752	48,33032	0,42978	0,000653
	82	2683,273	48,33	2671,599	48,3303	0,435092	0,000615
	83	2683,262	48,33	2671,445	48,33028	0,440405	0,00058
	84	2683,252	48,33	2671,292	48,33026	0,445718	0,000546
	85	2683,241	48,33	2671,139	48,33025	0,451031	0,000514
	86	2683,23	48,33	2670,985	48,33023	0,456344	0,000485
	87	2683,219	48,33	2670,832	48,33022	0,461657	0,000456
	88	2683,209	48,33	2670,679	48,33021	0,466971	0,00043
	89	2683,198	48,33	2670,526	48,3302	0,472285	0,000405
	90	2683,187	48,33	2670,372	48,33018	0,477599	0,000382
	91	2683,176	48,33	2670,219	48,33017	0,482913	0,00036
	92	2683,166	48,33	2670,066	48,33016	0,488227	0,000339
	93	2683,155	48,33	2669,912	48,33015	0,493541	0,000319
	94	2683,144	48,33	2669,759	48,33015	0,498856	0,000301
	95	2683,133	48,33	2669,606	48,33014	0,504171	0,000283
	96	2683,123	48,33	2669,452	48,33013	0,509485	0,000267
	97	2683,112	48,33	2669,299	48,33012	0,5148	0,000251
	98	2683,101	48,33	2669,146	48,33011	0,520116	0,000237
	99	2683,09	48,33	2668,992	48,33011	0,525431	0,000223
	100	2683,079	48,33	2668,839	48,3301	0,530747	0,00021

**Tabel H, 11** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,32 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,32	0	2683,936	48,37464	2683,936	48,37464	4,75E-09	8,54E-09
	1	2683,926	48,37006	2683,778	48,37213	0,005485	0,004295
	2	2683,915	48,36548	2683,62	48,36977	0,010969	0,008867
	3	2683,904	48,36083	2683,462	48,36753	0,016454	0,013861
	4	2683,893	48,35671	2683,304	48,36543	0,021939	0,018026
	5	2683,882	48,35288	2683,146	48,36344	0,027424	0,021842
	6	2683,872	48,34922	2682,988	48,36156	0,03291	0,025514
	7	2683,861	48,34648	2682,83	48,35979	0,038395	0,027524
	8	2683,85	48,34394	2682,672	48,35811	0,04388	0,029326
	9	2683,839	48,34165	2682,515	48,35653	0,049366	0,030786
	10	2683,829	48,33963	2682,357	48,35504	0,054852	0,031878
	11	2683,818	48,33829	2682,199	48,35364	0,060338	0,031748
	12	2683,807	48,337	2682,041	48,35231	0,065824	0,03167
	13	2683,796	48,33571	2681,883	48,35106	0,07131	0,031758
	14	2683,786	48,33467	2681,725	48,34987	0,076797	0,031448
	15	2683,775	48,33393	2681,567	48,34876	0,082283	0,030687
	16	2683,764	48,33318	2681,409	48,34771	0,08777	0,030055
	17	2683,753	48,33261	2681,251	48,34671	0,093257	0,029177
	18	2683,743	48,33216	2681,093	48,34577	0,098744	0,028168
	19	2683,732	48,33175	2680,934	48,34489	0,104231	0,027176
	20	2683,721	48,33145	2680,776	48,34405	0,109718	0,026078
	21	2683,71	48,33119	2680,618	48,34326	0,115206	0,024982
	22	2683,699	48,33098	2680,46	48,34252	0,120693	0,023865
	23	2683,689	48,33082	2680,302	48,34181	0,126181	0,022745
	24	2683,678	48,33068	2680,144	48,34115	0,131669	0,021672
	25	2683,667	48,33055	2679,986	48,34052	0,137157	0,020631
	26	2683,656	48,33047	2679,828	48,33993	0,142645	0,019583
	27	2683,646	48,33038	2679,67	48,33938	0,148134	0,018604
	28	2683,635	48,33031	2679,512	48,33885	0,153622	0,017662
	29	2683,624	48,33025	2679,354	48,33835	0,159111	0,016755
	30	2683,613	48,33021	2679,196	48,33788	0,1646	0,015879
	31	2683,603	48,33017	2679,038	48,33744	0,170089	0,01504

Tabel H, 11 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,32	32	2683,592	48,33014	2678,88	48,33702	0,175578	0,014236
	33	2683,581	48,33012	2678,722	48,33663	0,181068	0,013469
	34	2683,57	48,3301	2678,564	48,33626	0,186557	0,012742
	35	2683,56	48,33008	2678,406	48,3359	0,192047	0,012051
	36	2683,549	48,33006	2678,248	48,33557	0,197537	0,011399
	37	2683,538	48,33005	2678,09	48,33526	0,203027	0,010775
	38	2683,527	48,33004	2677,932	48,33496	0,208517	0,010182
	39	2683,516	48,33004	2677,774	48,33469	0,214008	0,009619
	40	2683,506	48,33003	2677,615	48,33442	0,219498	0,009088
	41	2683,495	48,33002	2677,457	48,33417	0,224989	0,008585
	42	2683,484	48,33002	2677,299	48,33394	0,23048	0,008111
	43	2683,473	48,33002	2677,141	48,33372	0,235971	0,00766
	44	2683,463	48,33001	2676,983	48,33351	0,241462	0,007233
	45	2683,452	48,33001	2676,825	48,33331	0,246954	0,006831
	46	2683,441	48,33001	2676,667	48,33313	0,252445	0,00645
	47	2683,43	48,33001	2676,509	48,33295	0,257937	0,00609
	48	2683,42	48,33001	2676,351	48,33278	0,263429	0,005749
	49	2683,409	48,33001	2676,193	48,33263	0,268921	0,005428
	50	2683,398	48,33	2676,034	48,33248	0,274414	0,005124
	51	2683,387	48,33	2675,876	48,33234	0,279906	0,004838
	52	2683,377	48,33	2675,718	48,33221	0,285399	0,004567
	53	2683,366	48,33	2675,56	48,33209	0,290891	0,004311
	54	2683,355	48,33	2675,402	48,33197	0,296384	0,00407
	55	2683,344	48,33	2675,244	48,33186	0,301878	0,003842
	56	2683,333	48,33	2675,086	48,33175	0,307371	0,003626
	57	2683,323	48,33	2674,928	48,33166	0,312864	0,003423
	58	2683,312	48,33	2674,769	48,33156	0,318358	0,003231
	59	2683,301	48,33	2674,611	48,33147	0,323852	0,00305
	60	2683,29	48,33	2674,453	48,33139	0,329346	0,002879
	61	2683,28	48,33	2674,295	48,33131	0,33484	0,002717
	62	2683,269	48,33	2674,137	48,33124	0,340334	0,002565
	63	2683,258	48,33	2673,979	48,33117	0,345829	0,002421
	64	2683,247	48,33	2673,82	48,3311	0,351324	0,002285
	65	2683,237	48,33	2673,662	48,33104	0,356819	0,002157
	66	2683,226	48,33	2673,504	48,33098	0,362314	0,002035
	67	2683,215	48,33	2673,346	48,33093	0,367809	0,001921



Tabel H, 11 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,32	68	2683,204	48,33	2673,188	48,33088	0,373304	0,001813
	69	2683,194	48,33	2673,03	48,33083	0,3788	0,001712
	70	2683,183	48,33	2672,871	48,33078	0,384296	0,001615
	71	2683,172	48,33	2672,713	48,33074	0,389792	0,001525
	72	2683,161	48,33	2672,555	48,3307	0,395288	0,001439
	73	2683,15	48,33	2672,397	48,33066	0,400784	0,001358
	74	2683,14	48,33	2672,239	48,33062	0,406281	0,001282
	75	2683,129	48,33	2672,08	48,33058	0,411777	0,00121
	76	2683,118	48,33	2671,922	48,33055	0,417274	0,001142
	77	2683,107	48,33	2671,764	48,33052	0,422771	0,001078
	78	2683,097	48,33	2671,606	48,33049	0,428268	0,001017
	79	2683,086	48,33	2671,448	48,33046	0,433765	0,00096
	80	2683,075	48,33	2671,289	48,33044	0,439263	0,000906
	81	2683,064	48,33	2671,131	48,33041	0,444761	0,000855
	82	2683,054	48,33	2670,973	48,33039	0,450259	0,000807
	83	2683,043	48,33	2670,815	48,33037	0,455757	0,000762
	84	2683,032	48,33	2670,656	48,33035	0,461255	0,000719
	85	2683,021	48,33	2670,498	48,33033	0,466753	0,000679
	86	2683,011	48,33	2670,34	48,33031	0,472252	0,000641
	87	2683	48,33	2670,182	48,33029	0,477751	0,000605
	88	2682,989	48,33	2670,023	48,33028	0,483249	0,000571
	89	2682,978	48,33	2669,865	48,33026	0,488749	0,000539
	90	2682,967	48,33	2669,707	48,33025	0,494248	0,000508
	91	2682,957	48,33	2669,549	48,33023	0,499747	0,00048
	92	2682,946	48,33	2669,39	48,33022	0,505247	0,000453
	93	2682,935	48,33	2669,232	48,33021	0,510747	0,000428
	94	2682,924	48,33	2669,074	48,3302	0,516247	0,000403
	95	2682,914	48,33	2668,916	48,33018	0,521747	0,000381
	96	2682,903	48,33	2668,757	48,33017	0,527247	0,000359
	97	2682,892	48,33	2668,599	48,33016	0,532748	0,000339
	98	2682,881	48,33	2668,441	48,33015	0,538248	0,00032
	99	2682,871	48,33	2668,282	48,33015	0,543749	0,000302
	100	2682,86	48,33	2668,124	48,33014	0,54925	0,000285

**Tabel H, 12** Validasi model *reservoir well* dengan laju aliran massa 0,33 kg/s

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,33	0	2683,725	48,37939	2683,725	48,37939	4,79E-09	1,01E-08
	1	2683,714	48,37432	2683,562	48,3767	0,005669	0,004922
	2	2683,703	48,36926	2683,399	48,37416	0,011339	0,010132
	3	2683,693	48,36411	2683,236	48,37175	0,017008	0,015792
	4	2683,682	48,35955	2683,073	48,36948	0,022678	0,02052
	5	2683,671	48,35531	2682,91	48,36733	0,028348	0,024846
	6	2683,66	48,35127	2682,747	48,36529	0,034018	0,028999
	7	2683,65	48,34823	2682,584	48,36337	0,039688	0,031302
	8	2683,639	48,34542	2682,422	48,36155	0,045358	0,033364
	9	2683,628	48,34289	2682,259	48,35983	0,051028	0,035038
	10	2683,617	48,34066	2682,096	48,35821	0,056699	0,036294
	11	2683,606	48,33917	2681,933	48,35667	0,06237	0,03619
	12	2683,596	48,33775	2681,77	48,35522	0,068041	0,036137
	13	2683,585	48,33631	2681,607	48,35384	0,073712	0,03626
	14	2683,574	48,33517	2681,444	48,35254	0,079383	0,035936
	15	2683,563	48,33434	2681,281	48,35131	0,085054	0,035108
	16	2683,553	48,33352	2681,118	48,35015	0,090725	0,034418
	17	2683,542	48,33289	2680,955	48,34905	0,096397	0,03345
	18	2683,531	48,33239	2680,792	48,34802	0,102069	0,032335
	19	2683,52	48,33194	2680,629	48,34703	0,107741	0,031234
	20	2683,51	48,3316	2680,466	48,34611	0,113413	0,030012
	21	2683,499	48,33131	2680,303	48,34523	0,119085	0,028791
	22	2683,488	48,33109	2680,14	48,3444	0,124758	0,027543
	23	2683,477	48,33091	2679,977	48,34361	0,13043	0,02629
	24	2683,467	48,33075	2679,814	48,34287	0,136103	0,025087
	25	2683,456	48,33061	2679,651	48,34217	0,141776	0,023917
	26	2683,445	48,33052	2679,488	48,34151	0,147449	0,022739
	27	2683,434	48,33042	2679,325	48,34088	0,153122	0,021634
	28	2683,423	48,33035	2679,162	48,34029	0,158796	0,020571
	29	2683,413	48,33028	2678,999	48,33973	0,164469	0,019546
	30	2683,402	48,33023	2678,836	48,3392	0,170143	0,018553
	31	2683,391	48,33019	2678,673	48,3387	0,175817	0,017602



Tabel H, 12 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,33	32	2683,38	48,33016	2678,51	48,33822	0,181491	0,016688
	33	2683,37	48,33013	2678,347	48,33777	0,187165	0,015815
	34	2683,359	48,33011	2678,184	48,33735	0,19284	0,014986
	35	2683,348	48,33009	2678,021	48,33695	0,198515	0,014197
	36	2683,337	48,33007	2677,858	48,33657	0,204189	0,013452
	37	2683,327	48,33006	2677,695	48,33621	0,209864	0,012737
	38	2683,316	48,33005	2677,532	48,33587	0,21554	0,012056
	39	2683,305	48,33004	2677,369	48,33555	0,221215	0,01141
	40	2683,294	48,33003	2677,206	48,33525	0,226891	0,010798
	41	2683,284	48,33003	2677,043	48,33497	0,232566	0,010218
	42	2683,273	48,33002	2676,88	48,3347	0,238242	0,00967
	43	2683,262	48,33002	2676,717	48,33444	0,243918	0,009148
	44	2683,251	48,33001	2676,554	48,3342	0,249594	0,008654
	45	2683,24	48,33001	2676,391	48,33397	0,255271	0,008186
	46	2683,23	48,33001	2676,228	48,33375	0,260948	0,007743
	47	2683,219	48,33001	2676,065	48,33355	0,266624	0,007324
	48	2683,208	48,33001	2675,902	48,33335	0,272301	0,006927
	49	2683,197	48,33001	2675,739	48,33317	0,277978	0,006551
	50	2683,187	48,33	2675,576	48,333	0,283656	0,006195
	51	2683,176	48,33	2675,413	48,33284	0,289333	0,005859
	52	2683,165	48,33	2675,25	48,33268	0,295011	0,005541
	53	2683,154	48,33	2675,086	48,33253	0,300689	0,00524
	54	2683,144	48,33	2674,923	48,3324	0,306367	0,004955
	55	2683,133	48,33	2674,76	48,33227	0,312045	0,004685
	56	2683,122	48,33	2674,597	48,33214	0,317724	0,004431
	57	2683,111	48,33	2674,434	48,33203	0,323402	0,004189
	58	2683,101	48,33	2674,271	48,33192	0,329081	0,003961
	59	2683,09	48,33	2674,108	48,33181	0,33476	0,003746
	60	2683,079	48,33	2673,945	48,33171	0,340439	0,003542
	61	2683,068	48,33	2673,782	48,33162	0,346118	0,003349
	62	2683,058	48,33	2673,619	48,33153	0,351798	0,003167
	63	2683,047	48,33	2673,455	48,33145	0,357478	0,002994
	64	2683,036	48,33	2673,292	48,33137	0,363158	0,002831
	65	2683,025	48,33	2673,129	48,33129	0,368838	0,002677
	66	2683,014	48,33	2672,966	48,33122	0,374518	0,002531
	67	2683,004	48,33	2672,803	48,33116	0,380198	0,002393

Tabel H, 12 (lanjutan)

m	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,33	68	2682,993	48,33	2672,64	48,33109	0,385879	0,002263
	69	2682,982	48,33	2672,477	48,33103	0,39156	0,00214
	70	2682,971	48,33	2672,314	48,33098	0,397241	0,002023
	71	2682,961	48,33	2672,15	48,33092	0,402922	0,001913
	72	2682,95	48,33	2671,987	48,33087	0,408603	0,001809
	73	2682,939	48,33	2671,824	48,33083	0,414285	0,00171
	74	2682,928	48,33	2671,661	48,33078	0,419967	0,001617
	75	2682,918	48,33	2671,498	48,33074	0,425649	0,001529
	76	2682,907	48,33	2671,335	48,3307	0,431331	0,001446
	77	2682,896	48,33	2671,171	48,33066	0,437013	0,001367
	78	2682,885	48,33	2671,008	48,33062	0,442696	0,001292
	79	2682,875	48,33	2670,845	48,33059	0,448378	0,001222
	80	2682,864	48,33	2670,682	48,33056	0,454061	0,001155
	81	2682,853	48,33	2670,519	48,33053	0,459744	0,001092
	82	2682,842	48,33	2670,356	48,3305	0,465427	0,001033
	83	2682,831	48,33	2670,192	48,33047	0,471111	0,000977
	84	2682,821	48,33	2670,029	48,33045	0,476794	0,000923
	85	2682,81	48,33	2669,866	48,33042	0,482478	0,000873
	86	2682,799	48,33	2669,703	48,3304	0,488162	0,000825
	87	2682,788	48,33	2669,54	48,33038	0,493846	0,00078
	88	2682,778	48,33	2669,376	48,33036	0,499531	0,000738
	89	2682,767	48,33	2669,213	48,33034	0,505215	0,000698
	90	2682,756	48,33	2669,05	48,33032	0,5109	0,00066
	91	2682,745	48,33	2668,887	48,3303	0,516585	0,000624
	92	2682,735	48,33	2668,723	48,33029	0,52227	0,00059
	93	2682,724	48,33	2668,56	48,33027	0,527955	0,000558
	94	2682,713	48,33	2668,397	48,33025	0,53364	0,000527
	95	2682,702	48,33	2668,234	48,33024	0,539326	0,000499
	96	2682,692	48,33	2668,071	48,33023	0,545012	0,000471
	97	2682,681	48,33	2667,907	48,33022	0,550698	0,000446
	98	2682,67	48,33	2667,744	48,3302	0,556384	0,000421
	99	2682,659	48,33	2667,581	48,33019	0,562071	0,000398
	100	2682,648	48,33	2667,418	48,33018	0,567757	0,000377

Pada tabel H,13 divariasikan nilai tekanan injeksi CO<sub>2</sub> dengan penambahan sebesar 5,8 psia dari keadaan awal 1122 psia dengan kondisi temperatur dan laju aliran massa injeksi yang konstan, Didapatkan rata-rata error tekanan dan temperatur masing-masing sebesar 0,0239% dan 0,0095%

**Tabel H, 13** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1122 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	0	2786,94	48,37375	2786,94	48,37375	6,53E-14	2,79E-13
	1	2786,929	48,36926	2786,792	48,37117	0,00492	0,003954
	2	2786,918	48,36478	2786,644	48,36875	0,00984	0,008207
	3	2786,907	48,36022	2786,495	48,36646	0,01476	0,012902
	4	2786,896	48,35618	2786,347	48,36431	0,01968	0,016808
	5	2786,885	48,35243	2786,199	48,36229	0,024601	0,020394
	6	2786,874	48,34885	2786,051	48,36039	0,029521	0,02386
	7	2786,863	48,34616	2785,903	48,35859	0,034442	0,025716
	8	2786,852	48,34367	2785,755	48,35691	0,039362	0,027387
	9	2786,841	48,34143	2785,606	48,35532	0,044283	0,028739
	10	2786,829	48,33945	2785,458	48,35383	0,049204	0,029743
	11	2786,818	48,33813	2785,31	48,35242	0,054125	0,029563
	12	2786,807	48,33687	2785,162	48,3511	0,059046	0,029445
	13	2786,796	48,3356	2785,014	48,34986	0,063967	0,029499
	14	2786,785	48,33459	2784,865	48,34869	0,068889	0,029172
	15	2786,774	48,33385	2784,717	48,34759	0,07381	0,028409
	16	2786,763	48,33312	2784,569	48,34655	0,078732	0,027782
	17	2786,752	48,33256	2784,421	48,34557	0,083653	0,026918
	18	2786,741	48,33212	2784,273	48,34465	0,088575	0,025933
	19	2786,73	48,33172	2784,124	48,34379	0,093497	0,024969
	20	2786,719	48,33142	2783,976	48,34298	0,098419	0,023905
	21	2786,708	48,33117	2783,828	48,34221	0,103342	0,022849
	22	2786,697	48,33097	2783,68	48,34149	0,108264	0,021775
	23	2786,686	48,33081	2783,532	48,34081	0,113186	0,020702
	24	2786,675	48,33067	2783,383	48,34018	0,118109	0,019677
	25	2786,664	48,33055	2783,235	48,33958	0,123032	0,018686
	26	2786,653	48,33046	2783,087	48,33901	0,127955	0,01769
	27	2786,642	48,33038	2782,939	48,33848	0,132878	0,016763
	28	2786,63	48,33031	2782,79	48,33798	0,137801	0,015874

Tabel H, 13 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	29	2786,619	48,33025	2782,642	48,33751	0,142724	0,015021
	30	2786,608	48,33021	2782,494	48,33707	0,147647	0,014197
	31	2786,597	48,33017	2782,346	48,33665	0,152571	0,013412
	32	2786,586	48,33014	2782,198	48,33626	0,157495	0,01266
	33	2786,575	48,33012	2782,049	48,33589	0,162418	0,011945
	34	2786,564	48,3301	2781,901	48,33554	0,167342	0,011269
	35	2786,553	48,33008	2781,753	48,33522	0,172266	0,010628
	36	2786,542	48,33006	2781,605	48,33491	0,177191	0,010026
	37	2786,531	48,33005	2781,456	48,33462	0,182115	0,009451
	38	2786,52	48,33004	2781,308	48,33435	0,187039	0,008905
	39	2786,509	48,33004	2781,16	48,33409	0,191964	0,008389
	40	2786,498	48,33003	2781,012	48,33385	0,196889	0,007903
	41	2786,487	48,33002	2780,863	48,33362	0,201814	0,007445
	42	2786,476	48,33002	2780,715	48,33341	0,206739	0,007013
	43	2786,465	48,33002	2780,567	48,33321	0,211664	0,006604
	44	2786,454	48,33001	2780,418	48,33302	0,216589	0,006218
	45	2786,443	48,33001	2780,27	48,33284	0,221515	0,005855
	46	2786,432	48,33001	2780,122	48,33267	0,22644	0,005512
	47	2786,42	48,33001	2779,974	48,33252	0,231366	0,00519
	48	2786,409	48,33001	2779,825	48,33237	0,236292	0,004885
	49	2786,398	48,33	2779,677	48,33223	0,241218	0,004599
	50	2786,387	48,33	2779,529	48,3321	0,246144	0,004329
	51	2786,376	48,33	2779,38	48,33197	0,25107	0,004075
	52	2786,365	48,33	2779,232	48,33186	0,255997	0,003835
	53	2786,354	48,33	2779,084	48,33175	0,260923	0,00361
	54	2786,343	48,33	2778,936	48,33164	0,26585	0,003398
	55	2786,332	48,33	2778,787	48,33155	0,270777	0,003198
	56	2786,321	48,33	2778,639	48,33146	0,275704	0,00301
	57	2786,31	48,33	2778,491	48,33137	0,280631	0,002833
	58	2786,299	48,33	2778,342	48,33129	0,285558	0,002666
	59	2786,288	48,33	2778,194	48,33121	0,290486	0,002509
	60	2786,277	48,33	2778,046	48,33114	0,295413	0,002361
	61	2786,266	48,33	2777,897	48,33107	0,300341	0,002222
	62	2786,255	48,33	2777,749	48,33101	0,305269	0,002091
	63	2786,244	48,33	2777,601	48,33095	0,310197	0,001968
	64	2786,233	48,33	2777,452	48,3309	0,315125	0,001852
	65	2786,221	48,33	2777,304	48,33084	0,320053	0,001743

Tabel H, 13 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	66	2786,21	48,33	2777,156	48,33079	0,324982	0,00164
	67	2786,199	48,33	2777,007	48,33075	0,32991	0,001543
	68	2786,188	48,33	2776,859	48,3307	0,334839	0,001453
	69	2786,177	48,33	2776,711	48,33066	0,339768	0,001367
	70	2786,166	48,33	2776,562	48,33062	0,344697	0,001286
	71	2786,155	48,33	2776,414	48,33059	0,349626	0,001211
	72	2786,144	48,33	2776,266	48,33055	0,354555	0,001139
	73	2786,133	48,33	2776,117	48,33052	0,359485	0,001072
	74	2786,122	48,33	2775,969	48,33049	0,364414	0,001009
	75	2786,111	48,33	2775,821	48,33046	0,369344	0,000949
	76	2786,1	48,33	2775,672	48,33043	0,374274	0,000893
	77	2786,089	48,33	2775,524	48,33041	0,379204	0,000841
	78	2786,078	48,33	2775,376	48,33038	0,384134	0,000791
	79	2786,067	48,33	2775,227	48,33036	0,389064	0,000745
	80	2786,056	48,33	2775,079	48,33034	0,393995	0,000701
	81	2786,045	48,33	2774,93	48,33032	0,398925	0,000659
	82	2786,034	48,33	2774,782	48,3303	0,403856	0,00062
	83	2786,023	48,33	2774,634	48,33028	0,408787	0,000584
	84	2786,011	48,33	2774,485	48,33027	0,413718	0,000549
	85	2786	48,33	2774,337	48,33025	0,418649	0,000517
	86	2785,989	48,33	2774,188	48,33024	0,42358	0,000487
	87	2785,978	48,33	2774,04	48,33022	0,428512	0,000458
	88	2785,967	48,33	2773,892	48,33021	0,433443	0,000431
	89	2785,956	48,33	2773,743	48,3302	0,438375	0,000405
	90	2785,945	48,33	2773,595	48,33018	0,443307	0,000382
	91	2785,934	48,33	2773,446	48,33017	0,448239	0,000359
	92	2785,923	48,33	2773,298	48,33016	0,453171	0,000338
	93	2785,912	48,33	2773,15	48,33015	0,458103	0,000318
	94	2785,901	48,33	2773,001	48,33014	0,463036	0,000299
	95	2785,89	48,33	2772,853	48,33014	0,467968	0,000282
	96	2785,879	48,33	2772,704	48,33013	0,472901	0,000265
	97	2785,868	48,33	2772,556	48,33012	0,477834	0,000249
	98	2785,857	48,33	2772,407	48,33011	0,482767	0,000235
	99	2785,846	48,33	2772,259	48,33011	0,4877	0,000221
	100	2785,835	48,33	2772,111	48,3301	0,492633	0,000208

**Tabel H, 14** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1127,8 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	0	2798,616	48,3745	2798,616	48,3745	3,25E-14	2,06E-13
	1	2798,605	48,36993	2798,468	48,37188	0,00489	0,004021
	2	2798,593	48,36537	2798,32	48,36941	0,00978	0,008348
	3	2798,582	48,36074	2798,172	48,36709	0,014671	0,013123
	4	2798,571	48,35663	2798,024	48,3649	0,019561	0,017096
	5	2798,56	48,35281	2797,876	48,36284	0,024452	0,020744
	6	2798,549	48,34917	2797,728	48,36091	0,029342	0,024269
	7	2798,538	48,34644	2797,58	48,35909	0,034233	0,026158
	8	2798,527	48,3439	2797,432	48,35737	0,039124	0,027857
	9	2798,516	48,34163	2797,284	48,35576	0,044015	0,029233
	10	2798,505	48,33961	2797,136	48,35424	0,048906	0,030254
	11	2798,494	48,33827	2796,988	48,35281	0,053797	0,030071
	12	2798,483	48,33699	2796,84	48,35146	0,058688	0,029951
	13	2798,472	48,3357	2796,692	48,3502	0,06358	0,030007
	14	2798,46	48,33467	2796,544	48,34901	0,068471	0,029674
	15	2798,449	48,33392	2796,396	48,34789	0,073363	0,028898
	16	2798,438	48,33317	2796,248	48,34683	0,078255	0,02826
	17	2798,427	48,33261	2796,1	48,34584	0,083146	0,027381
	18	2798,416	48,33216	2795,952	48,34491	0,088038	0,026379
	19	2798,405	48,33175	2795,804	48,34403	0,092931	0,025399
	20	2798,394	48,33145	2795,656	48,3432	0,097823	0,024317
	21	2798,383	48,33119	2795,508	48,34242	0,102715	0,023242
	22	2798,372	48,33099	2795,36	48,34169	0,107608	0,02215
	23	2798,361	48,33082	2795,212	48,341	0,1125	0,021059
	24	2798,35	48,33068	2795,064	48,34035	0,117393	0,020016
	25	2798,338	48,33056	2794,916	48,33974	0,122286	0,019009
	26	2798,327	48,33047	2794,768	48,33917	0,127179	0,017995
	27	2798,316	48,33039	2794,62	48,33863	0,132072	0,017052
	28	2798,305	48,33031	2794,472	48,33812	0,136965	0,016147
	29	2798,294	48,33026	2794,324	48,33764	0,141859	0,01528
	30	2798,283	48,33021	2794,176	48,33719	0,146752	0,014443
	31	2798,272	48,33017	2794,028	48,33677	0,151646	0,013643



Tabel H, 14 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	32	2798,261	48,33014	2793,88	48,33637	0,15654	0,012879
	33	2798,25	48,33012	2793,732	48,33599	0,161434	0,012151
	34	2798,239	48,3301	2793,584	48,33564	0,166328	0,011464
	35	2798,228	48,33008	2793,436	48,33531	0,171222	0,010812
	36	2798,217	48,33006	2793,288	48,33499	0,176116	0,0102
	37	2798,205	48,33005	2793,14	48,3347	0,181011	0,009615
	38	2798,194	48,33004	2792,992	48,33442	0,185905	0,009059
	39	2798,183	48,33004	2792,844	48,33416	0,1908	0,008534
	40	2798,172	48,33003	2792,696	48,33392	0,195695	0,00804
	41	2798,161	48,33002	2792,548	48,33368	0,20059	0,007574
	42	2798,15	48,33002	2792,4	48,33347	0,205485	0,007135
	43	2798,139	48,33002	2792,252	48,33326	0,210381	0,006718
	44	2798,128	48,33001	2792,104	48,33307	0,215276	0,006326
	45	2798,117	48,33001	2791,956	48,33289	0,220172	0,005956
	46	2798,106	48,33001	2791,808	48,33272	0,225067	0,005608
	47	2798,095	48,33001	2791,66	48,33256	0,229963	0,00528
	48	2798,083	48,33001	2791,512	48,33241	0,234859	0,00497
	49	2798,072	48,33001	2791,364	48,33227	0,239755	0,004679
	50	2798,061	48,33	2791,216	48,33213	0,244652	0,004404
	51	2798,05	48,33	2791,068	48,33201	0,249548	0,004146
	52	2798,039	48,33	2790,92	48,33189	0,254444	0,003902
	53	2798,028	48,33	2790,772	48,33178	0,259341	0,003673
	54	2798,017	48,33	2790,624	48,33167	0,264238	0,003457
	55	2798,006	48,33	2790,475	48,33157	0,269135	0,003253
	56	2797,995	48,33	2790,327	48,33148	0,274032	0,003062
	57	2797,984	48,33	2790,179	48,33139	0,278929	0,002882
	58	2797,973	48,33	2790,031	48,33131	0,283827	0,002712
	59	2797,962	48,33	2789,883	48,33123	0,288724	0,002552
	60	2797,95	48,33	2789,735	48,33116	0,293622	0,002402
	61	2797,939	48,33	2789,587	48,33109	0,29852	0,002261
	62	2797,928	48,33	2789,439	48,33103	0,303418	0,002127
	63	2797,917	48,33	2789,291	48,33097	0,308316	0,002002
	64	2797,906	48,33	2789,143	48,33091	0,313214	0,001884
	65	2797,895	48,33	2788,995	48,33086	0,318112	0,001773
	66	2797,884	48,33	2788,846	48,33081	0,323011	0,001669
	67	2797,873	48,33	2788,698	48,33076	0,327909	0,00157

Tabel H, 14 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	68	2797,862	48,33	2788,55	48,33071	0,332808	0,001478
	69	2797,851	48,33	2788,402	48,33067	0,337707	0,001391
	70	2797,84	48,33	2788,254	48,33063	0,342606	0,001309
	71	2797,828	48,33	2788,106	48,3306	0,347505	0,001232
	72	2797,817	48,33	2787,958	48,33056	0,352405	0,001159
	73	2797,806	48,33	2787,81	48,33053	0,357304	0,001091
	74	2797,795	48,33	2787,661	48,3305	0,362204	0,001026
	75	2797,784	48,33	2787,513	48,33047	0,367103	0,000966
	76	2797,773	48,33	2787,365	48,33044	0,372003	0,000909
	77	2797,762	48,33	2787,217	48,33041	0,376903	0,000855
	78	2797,751	48,33	2787,069	48,33039	0,381804	0,000805
	79	2797,74	48,33	2786,921	48,33037	0,386704	0,000757
	80	2797,729	48,33	2786,773	48,33034	0,391604	0,000713
	81	2797,718	48,33	2786,624	48,33032	0,396505	0,000671
	82	2797,706	48,33	2786,476	48,33031	0,401406	0,000631
	83	2797,695	48,33	2786,328	48,33029	0,406307	0,000594
	84	2797,684	48,33	2786,18	48,33027	0,411208	0,000559
	85	2797,673	48,33	2786,032	48,33025	0,416109	0,000526
	86	2797,662	48,33	2785,884	48,33024	0,42101	0,000495
	87	2797,651	48,33	2785,736	48,33023	0,425912	0,000466
	88	2797,64	48,33	2785,587	48,33021	0,430813	0,000438
	89	2797,629	48,33	2785,439	48,3302	0,435715	0,000413
	90	2797,618	48,33	2785,291	48,33019	0,440617	0,000388
	91	2797,607	48,33	2785,143	48,33018	0,445519	0,000365
	92	2797,596	48,33	2784,995	48,33017	0,450421	0,000344
	93	2797,585	48,33	2784,846	48,33016	0,455323	0,000324
	94	2797,573	48,33	2784,698	48,33015	0,460226	0,000304
	95	2797,562	48,33	2784,55	48,33014	0,465128	0,000287
	96	2797,551	48,33	2784,402	48,33013	0,470031	0,00027
	97	2797,54	48,33	2784,254	48,33012	0,474934	0,000254
	98	2797,529	48,33	2784,106	48,33012	0,479837	0,000239
	99	2797,518	48,33	2783,957	48,33011	0,48474	0,000225
	100	2797,507	48,33	2783,809	48,3301	0,489643	0,000211



**Tabel H, 15** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1133,6 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1133,6	0	2810,291	48,37525	2810,291	48,37525	6,47E-14	1,76E-13
	1	2810,28	48,3706	2810,144	48,37258	0,004861	0,004088
	2	2810,269	48,36597	2809,996	48,37007	0,009721	0,008487
	3	2810,258	48,36126	2809,848	48,36771	0,014582	0,013342
	4	2810,247	48,35708	2809,701	48,36549	0,019443	0,017382
	5	2810,236	48,3532	2809,553	48,36339	0,024304	0,02109
	6	2810,225	48,34949	2809,405	48,36142	0,029165	0,024674
	7	2810,214	48,34671	2809,257	48,35957	0,034026	0,026595
	8	2810,202	48,34414	2809,11	48,35783	0,038888	0,028323
	9	2810,191	48,34182	2808,962	48,35619	0,043749	0,029722
	10	2810,18	48,33977	2808,814	48,35464	0,048611	0,030761
	11	2810,169	48,33841	2808,666	48,35319	0,053472	0,030575
	12	2810,158	48,3371	2808,519	48,35182	0,058334	0,030453
	13	2810,147	48,33579	2808,371	48,35054	0,063196	0,03051
	14	2810,136	48,33474	2808,223	48,34933	0,068058	0,030171
	15	2810,125	48,33399	2808,075	48,34819	0,07292	0,029383
	16	2810,114	48,33323	2807,928	48,34712	0,077783	0,028734
	17	2810,102	48,33265	2807,78	48,34611	0,082645	0,02784
	18	2810,091	48,33219	2807,632	48,34516	0,087507	0,026822
	19	2810,08	48,33178	2807,484	48,34426	0,09237	0,025825
	20	2810,069	48,33147	2807,337	48,34342	0,097233	0,024725
	21	2810,058	48,33121	2807,189	48,34263	0,102096	0,023632
	22	2810,047	48,331	2807,041	48,34189	0,106959	0,022522
	23	2810,036	48,33084	2806,893	48,34119	0,111822	0,021412
	24	2810,025	48,33069	2806,746	48,34053	0,116685	0,020352
	25	2810,013	48,33056	2806,598	48,33991	0,121548	0,019328
	26	2810,002	48,33048	2806,45	48,33932	0,126412	0,018298
	27	2809,991	48,33039	2806,302	48,33877	0,131275	0,017339
	28	2809,98	48,33032	2806,155	48,33826	0,136139	0,016419
	29	2809,969	48,33026	2806,007	48,33777	0,141003	0,015537
	30	2809,958	48,33021	2805,859	48,33731	0,145867	0,014685
	31	2809,947	48,33018	2805,711	48,33688	0,150731	0,013873
	32	2809,936	48,33015	2805,563	48,33647	0,155595	0,013096

Tabel H, 15 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1133,6	33	2809,924	48,33012	2805,416	48,33609	0,16046	0,012356
	34	2809,913	48,3301	2805,268	48,33573	0,165324	0,011657
	35	2809,902	48,33008	2805,12	48,3354	0,170189	0,010994
	36	2809,891	48,33006	2804,972	48,33508	0,175054	0,010371
	37	2809,88	48,33005	2804,825	48,33478	0,179919	0,009776
	38	2809,869	48,33004	2804,677	48,3345	0,184784	0,009212
	39	2809,858	48,33004	2804,529	48,33423	0,189649	0,008678
	40	2809,847	48,33003	2804,381	48,33398	0,194514	0,008176
	41	2809,836	48,33003	2804,233	48,33375	0,19938	0,007701
	42	2809,824	48,33002	2804,085	48,33353	0,204245	0,007255
	43	2809,813	48,33002	2803,938	48,33332	0,209111	0,006832
	44	2809,802	48,33001	2803,79	48,33312	0,213977	0,006433
	45	2809,791	48,33001	2803,642	48,33294	0,218843	0,006057
	46	2809,78	48,33001	2803,494	48,33277	0,223709	0,005703
	47	2809,769	48,33001	2803,346	48,3326	0,228575	0,005369
	48	2809,758	48,33001	2803,199	48,33245	0,233442	0,005054
	49	2809,747	48,33001	2803,051	48,3323	0,238308	0,004758
	50	2809,735	48,33	2802,903	48,33217	0,243175	0,004478
	51	2809,724	48,33	2802,755	48,33204	0,248042	0,004216
	52	2809,713	48,33	2802,607	48,33192	0,252909	0,003968
	53	2809,702	48,33	2802,459	48,33181	0,257776	0,003735
	54	2809,691	48,33	2802,312	48,3317	0,262643	0,003515
	55	2809,68	48,33	2802,164	48,3316	0,26751	0,003308
	56	2809,669	48,33	2802,016	48,33151	0,272378	0,003114
	57	2809,658	48,33	2801,868	48,33142	0,277246	0,00293
	58	2809,646	48,33	2801,72	48,33133	0,282113	0,002758
	59	2809,635	48,33	2801,572	48,33126	0,286981	0,002596
	60	2809,624	48,33	2801,424	48,33118	0,291849	0,002443
	61	2809,613	48,33	2801,277	48,33111	0,296718	0,002299
	62	2809,602	48,33	2801,129	48,33105	0,301586	0,002163
	63	2809,591	48,33	2800,981	48,33098	0,306454	0,002036
	64	2809,58	48,33	2800,833	48,33093	0,311323	0,001916
	65	2809,569	48,33	2800,685	48,33087	0,316192	0,001803
	66	2809,558	48,33	2800,537	48,33082	0,321061	0,001697
	67	2809,546	48,33	2800,389	48,33077	0,32593	0,001597

Tabel H, 15 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1133,6	68	2809,535	48,33	2800,241	48,33073	0,330799	0,001503
	69	2809,524	48,33	2800,094	48,33068	0,335668	0,001414
	70	2809,513	48,33	2799,946	48,33064	0,340538	0,001331
	71	2809,502	48,33	2799,798	48,33061	0,345407	0,001252
	72	2809,491	48,33	2799,65	48,33057	0,350277	0,001179
	73	2809,48	48,33	2799,502	48,33054	0,355147	0,001109
	74	2809,469	48,33	2799,354	48,3305	0,360017	0,001044
	75	2809,457	48,33	2799,206	48,33047	0,364887	0,000982
	76	2809,446	48,33	2799,058	48,33045	0,369757	0,000924
	77	2809,435	48,33	2798,91	48,33042	0,374628	0,00087
	78	2809,424	48,33	2798,762	48,3304	0,379498	0,000819
	79	2809,413	48,33	2798,614	48,33037	0,384369	0,00077
	80	2809,402	48,33	2798,467	48,33035	0,38924	0,000725
	81	2809,391	48,33	2798,319	48,33033	0,394111	0,000682
	82	2809,38	48,33	2798,171	48,33031	0,398982	0,000642
	83	2809,368	48,33	2798,023	48,33029	0,403853	0,000604
	84	2809,357	48,33	2797,875	48,33027	0,408724	0,000569
	85	2809,346	48,33	2797,727	48,33026	0,413596	0,000535
	86	2809,335	48,33	2797,579	48,33024	0,418468	0,000503
	87	2809,324	48,33	2797,431	48,33023	0,423339	0,000474
	88	2809,313	48,33	2797,283	48,33022	0,428211	0,000446
	89	2809,302	48,33	2797,135	48,3302	0,433084	0,00042
	90	2809,291	48,33	2796,987	48,33019	0,437956	0,000395
	91	2809,28	48,33	2796,839	48,33018	0,442828	0,000372
	92	2809,268	48,33	2796,691	48,33017	0,447701	0,00035
	93	2809,257	48,33	2796,543	48,33016	0,452573	0,000329
	94	2809,246	48,33	2796,395	48,33015	0,457446	0,00031
	95	2809,235	48,33	2796,247	48,33014	0,462319	0,000291
	96	2809,224	48,33	2796,099	48,33013	0,467192	0,000274
	97	2809,213	48,33	2795,951	48,33012	0,472065	0,000258
	98	2809,202	48,33	2795,804	48,33012	0,476939	0,000243
	99	2809,191	48,33	2795,656	48,33011	0,481812	0,000229
	100	2809,179	48,33	2795,508	48,3301	0,486686	0,000215

**Tabel H, 16** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1139,4 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1139,4	0	2821,967	48,37599	2821,967	48,37599	3,22E-14	1,47E-14
	1	2821,956	48,37126	2821,82	48,37327	0,004831	0,004155
	2	2821,945	48,36655	2821,672	48,37072	0,009663	0,008625
	3	2821,934	48,36177	2821,525	48,36832	0,014495	0,013559
	4	2821,923	48,35752	2821,377	48,36606	0,019326	0,017664
	5	2821,912	48,35357	2821,23	48,36394	0,024158	0,021434
	6	2821,901	48,34981	2821,082	48,36194	0,02899	0,025076
	7	2821,889	48,34699	2820,935	48,36005	0,033822	0,027028
	8	2821,878	48,34437	2820,787	48,35828	0,038654	0,028784
	9	2821,867	48,34201	2820,64	48,35662	0,043487	0,030206
	10	2821,856	48,33993	2820,492	48,35505	0,048319	0,031262
	11	2821,845	48,33855	2820,345	48,35357	0,053152	0,031073
	12	2821,834	48,33722	2820,197	48,35218	0,057984	0,03095
	13	2821,822	48,33589	2820,05	48,35087	0,062817	0,031008
	14	2821,811	48,33482	2819,902	48,34964	0,06765	0,030664
	15	2821,8	48,33405	2819,755	48,34849	0,072483	0,029863
	16	2821,789	48,33328	2819,607	48,3474	0,077316	0,029203
	17	2821,778	48,33269	2819,46	48,34637	0,082149	0,028295
	18	2821,767	48,33223	2819,312	48,34541	0,086982	0,02726
	19	2821,756	48,33181	2819,165	48,3445	0,091815	0,026247
	20	2821,744	48,3315	2819,017	48,34364	0,096649	0,025129
	21	2821,733	48,33123	2818,87	48,34284	0,101483	0,024019
	22	2821,722	48,33102	2818,722	48,34208	0,106316	0,02289
	23	2821,711	48,33085	2818,575	48,34137	0,11115	0,021763
	24	2821,7	48,3307	2818,427	48,3407	0,115984	0,020685
	25	2821,689	48,33057	2818,279	48,34007	0,120818	0,019644
	26	2821,677	48,33049	2818,132	48,33947	0,125653	0,018597
	27	2821,666	48,3304	2817,984	48,33892	0,130487	0,017623
	28	2821,655	48,33033	2817,837	48,33839	0,135322	0,016688
	29	2821,644	48,33026	2817,689	48,3379	0,140156	0,015791
	30	2821,633	48,33022	2817,542	48,33743	0,144991	0,014926

Tabel H, 16 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1139,4	31	2821,622	48,33018	2817,394	48,33699	0,149826	0,0141
	32	2821,611	48,33015	2817,247	48,33658	0,154661	0,01331
	33	2821,599	48,33012	2817,099	48,33619	0,159496	0,012558
	34	2821,588	48,3301	2816,951	48,33583	0,164331	0,011848
	35	2821,577	48,33008	2816,804	48,33548	0,169167	0,011175
	36	2821,566	48,33007	2816,656	48,33516	0,174002	0,010542
	37	2821,555	48,33005	2816,509	48,33486	0,178838	0,009937
	38	2821,544	48,33005	2816,361	48,33457	0,183674	0,009363
	39	2821,532	48,33004	2816,214	48,3343	0,18851	0,008821
	40	2821,521	48,33003	2816,066	48,33405	0,193346	0,00831
	41	2821,51	48,33003	2815,918	48,33381	0,198182	0,007828
	42	2821,499	48,33002	2815,771	48,33358	0,203019	0,007374
	43	2821,488	48,33002	2815,623	48,33337	0,207855	0,006944
	44	2821,477	48,33001	2815,476	48,33317	0,212692	0,006539
	45	2821,466	48,33001	2815,328	48,33299	0,217528	0,006157
	46	2821,454	48,33001	2815,18	48,33281	0,222365	0,005796
	47	2821,443	48,33001	2815,033	48,33265	0,227202	0,005457
	48	2821,432	48,33001	2814,885	48,33249	0,232039	0,005137
	49	2821,421	48,33001	2814,738	48,33234	0,236877	0,004836
	50	2821,41	48,33	2814,59	48,3322	0,241714	0,004552
	51	2821,399	48,33	2814,442	48,33207	0,246552	0,004285
	52	2821,387	48,33	2814,295	48,33195	0,251389	0,004033
	53	2821,376	48,33	2814,147	48,33184	0,256227	0,003796
	54	2821,365	48,33	2814	48,33173	0,261065	0,003573
	55	2821,354	48,33	2813,852	48,33163	0,265903	0,003363
	56	2821,343	48,33	2813,704	48,33153	0,270742	0,003165
	57	2821,332	48,33	2813,557	48,33144	0,27558	0,002979
	58	2821,321	48,33	2813,409	48,33136	0,280418	0,002803
	59	2821,309	48,33	2813,261	48,33128	0,285257	0,002638
	60	2821,298	48,33	2813,114	48,3312	0,290096	0,002483
	61	2821,287	48,33	2812,966	48,33113	0,294935	0,002337
	62	2821,276	48,33	2812,819	48,33106	0,299774	0,002199
	63	2821,265	48,33	2812,671	48,331	0,304613	0,00207
	64	2821,254	48,33	2812,523	48,33094	0,309452	0,001948
	65	2821,243	48,33	2812,376	48,33089	0,314292	0,001833
	66	2821,231	48,33	2812,228	48,33083	0,319131	0,001725
	67	2821,22	48,33	2812,08	48,33078	0,323971	0,001623

Tabel H, 16 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1139,4	68	2821,209	48,33	2811,933	48,33074	0,328811	0,001528
	69	2821,198	48,33	2811,785	48,33069	0,333651	0,001438
	70	2821,187	48,33	2811,637	48,33065	0,338491	0,001353
	71	2821,176	48,33	2811,49	48,33062	0,343331	0,001273
	72	2821,164	48,33	2811,342	48,33058	0,348172	0,001198
	73	2821,153	48,33	2811,194	48,33054	0,353012	0,001128
	74	2821,142	48,33	2811,047	48,33051	0,357853	0,001061
	75	2821,131	48,33	2810,899	48,33048	0,362694	0,000999
	76	2821,12	48,33	2810,751	48,33045	0,367535	0,00094
	77	2821,109	48,33	2810,604	48,33043	0,372376	0,000884
	78	2821,098	48,33	2810,456	48,3304	0,377217	0,000832
	79	2821,086	48,33	2810,308	48,33038	0,382059	0,000783
	80	2821,075	48,33	2810,16	48,33036	0,3869	0,000737
	81	2821,064	48,33	2810,013	48,33034	0,391742	0,000694
	82	2821,053	48,33	2809,865	48,33032	0,396584	0,000653
	83	2821,042	48,33	2809,717	48,3303	0,401426	0,000614
	84	2821,031	48,33	2809,57	48,33028	0,406268	0,000578
	85	2821,019	48,33	2809,422	48,33026	0,41111	0,000544
	86	2821,008	48,33	2809,274	48,33025	0,415952	0,000512
	87	2820,997	48,33	2809,127	48,33023	0,420795	0,000482
	88	2820,986	48,33	2808,979	48,33022	0,425637	0,000453
	89	2820,975	48,33	2808,831	48,33021	0,43048	0,000427
	90	2820,964	48,33	2808,683	48,33019	0,435323	0,000401
	91	2820,953	48,33	2808,536	48,33018	0,440166	0,000378
	92	2820,941	48,33	2808,388	48,33017	0,445009	0,000355
	93	2820,93	48,33	2808,24	48,33016	0,449853	0,000335
	94	2820,919	48,33	2808,092	48,33015	0,454696	0,000315
	95	2820,908	48,33	2807,945	48,33014	0,45954	0,000296
	96	2820,897	48,33	2807,797	48,33013	0,464383	0,000279
	97	2820,886	48,33	2807,649	48,33013	0,469227	0,000262
	98	2820,874	48,33	2807,501	48,33012	0,474071	0,000247
	99	2820,863	48,33	2807,354	48,33011	0,478915	0,000232
	100	2820,852	48,33	2807,206	48,33011	0,48376	0,000219



**Tabel H, 17** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1145,2 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1145,2	0	2833,644	48,37672	2833,644	48,37672	1,32E-08	1,03E-08
	1	2833,632	48,37192	2833,496	48,37396	0,004803	0,004221
	2	2833,621	48,36713	2833,349	48,37137	0,009605	0,008762
	3	2833,61	48,36227	2833,202	48,36893	0,014408	0,013773
	4	2833,599	48,35796	2833,054	48,36664	0,019211	0,017944
	5	2833,588	48,35395	2832,907	48,36448	0,024014	0,021774
	6	2833,576	48,35013	2832,76	48,36245	0,028817	0,025474
	7	2833,565	48,34726	2832,613	48,36053	0,03362	0,027457
	8	2833,554	48,3446	2832,465	48,35873	0,038423	0,029242
	9	2833,543	48,34221	2832,318	48,35704	0,043227	0,030686
	10	2833,532	48,34009	2832,171	48,35545	0,04803	0,03176
	11	2833,521	48,33869	2832,023	48,35395	0,052834	0,031568
	12	2833,509	48,33734	2831,876	48,35253	0,057638	0,031443
	13	2833,498	48,33598	2831,729	48,35121	0,062441	0,031502
	14	2833,487	48,3349	2831,582	48,34996	0,067245	0,031152
	15	2833,476	48,33412	2831,434	48,34878	0,072049	0,030339
	16	2833,465	48,33333	2831,287	48,34767	0,076854	0,029669
	17	2833,453	48,33274	2831,14	48,34663	0,081658	0,028746
	18	2833,442	48,33227	2830,992	48,34565	0,086462	0,027694
	19	2833,431	48,33184	2830,845	48,34473	0,091267	0,026665
	20	2833,42	48,33152	2830,698	48,34386	0,096071	0,02553
	21	2833,409	48,33125	2830,55	48,34304	0,100876	0,024402
	22	2833,398	48,33103	2830,403	48,34227	0,105681	0,023255
	23	2833,386	48,33086	2830,256	48,34155	0,110486	0,02211
	24	2833,375	48,33071	2830,109	48,34087	0,115291	0,021015
	25	2833,364	48,33058	2829,961	48,34023	0,120096	0,019958
	26	2833,353	48,33049	2829,814	48,33963	0,124902	0,018894
	27	2833,342	48,33041	2829,667	48,33906	0,129707	0,017904
	28	2833,33	48,33033	2829,519	48,33852	0,134513	0,016954
	29	2833,319	48,33027	2829,372	48,33802	0,139319	0,016044
	30	2833,308	48,33022	2829,225	48,33755	0,144124	0,015165

Tabel H, 17 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1145,2	31	2833,297	48,33018	2829,077	48,3371	0,14893	0,014325
	32	2833,286	48,33015	2828,93	48,33669	0,153736	0,013523
	33	2833,274	48,33013	2828,783	48,33629	0,158543	0,012759
	34	2833,263	48,3301	2828,635	48,33592	0,163349	0,012037
	35	2833,252	48,33008	2828,488	48,33557	0,168156	0,011354
	36	2833,241	48,33007	2828,34	48,33524	0,172962	0,01071
	37	2833,23	48,33005	2828,193	48,33493	0,177769	0,010096
	38	2833,219	48,33005	2828,046	48,33464	0,182576	0,009513
	39	2833,207	48,33004	2827,898	48,33437	0,187383	0,008962
	40	2833,196	48,33003	2827,751	48,33411	0,19219	0,008443
	41	2833,185	48,33003	2827,604	48,33387	0,196997	0,007953
	42	2833,174	48,33002	2827,456	48,33364	0,201805	0,007493
	43	2833,163	48,33002	2827,309	48,33343	0,206612	0,007055
	44	2833,151	48,33001	2827,162	48,33322	0,21142	0,006643
	45	2833,14	48,33001	2827,014	48,33303	0,216228	0,006255
	46	2833,129	48,33001	2826,867	48,33286	0,221036	0,005889
	47	2833,118	48,33001	2826,719	48,33269	0,225844	0,005545
	48	2833,107	48,33001	2826,572	48,33253	0,230652	0,00522
	49	2833,096	48,33001	2826,425	48,33238	0,23546	0,004914
	50	2833,084	48,33	2826,277	48,33224	0,240269	0,004625
	51	2833,073	48,33	2826,13	48,33211	0,245077	0,004354
	52	2833,062	48,33	2825,983	48,33198	0,249886	0,004098
	53	2833,051	48,33	2825,835	48,33187	0,254695	0,003857
	54	2833,04	48,33	2825,688	48,33176	0,259504	0,00363
	55	2833,028	48,33	2825,54	48,33165	0,264313	0,003417
	56	2833,017	48,33	2825,393	48,33156	0,269123	0,003216
	57	2833,006	48,33	2825,246	48,33146	0,273932	0,003027
	58	2832,995	48,33	2825,098	48,33138	0,278741	0,002849
	59	2832,984	48,33	2824,951	48,3313	0,283551	0,002681
	60	2832,972	48,33	2824,803	48,33122	0,288361	0,002523
	61	2832,961	48,33	2824,656	48,33115	0,293171	0,002374
	62	2832,95	48,33	2824,508	48,33108	0,297981	0,002235
	63	2832,939	48,33	2824,361	48,33102	0,302791	0,002103
	64	2832,928	48,33	2824,214	48,33096	0,307602	0,001979
	65	2832,917	48,33	2824,066	48,3309	0,312412	0,001862
	66	2832,905	48,33	2823,919	48,33085	0,317223	0,001753
	67	2832,894	48,33	2823,771	48,3308	0,322033	0,001649



Tabel H, 17 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1145,2	68	2832,883	48,33	2823,624	48,33075	0,326844	0,001552
	69	2832,872	48,33	2823,476	48,33071	0,331655	0,001461
	70	2832,861	48,33	2823,329	48,33066	0,336467	0,001375
	71	2832,849	48,33	2823,182	48,33063	0,341278	0,001294
	72	2832,838	48,33	2823,034	48,33059	0,346089	0,001217
	73	2832,827	48,33	2822,887	48,33055	0,350901	0,001146
	74	2832,816	48,33	2822,739	48,33052	0,355713	0,001078
	75	2832,805	48,33	2822,592	48,33049	0,360524	0,001015
	76	2832,793	48,33	2822,444	48,33046	0,365336	0,000955
	77	2832,782	48,33	2822,297	48,33043	0,370149	0,000899
	78	2832,771	48,33	2822,149	48,33041	0,374961	0,000846
	79	2832,76	48,33	2822,002	48,33038	0,379773	0,000796
	80	2832,749	48,33	2821,854	48,33036	0,384586	0,000749
	81	2832,738	48,33	2821,707	48,33034	0,389398	0,000705
	82	2832,726	48,33	2821,559	48,33032	0,394211	0,000663
	83	2832,715	48,33	2821,412	48,3303	0,399024	0,000624
	84	2832,704	48,33	2821,264	48,33028	0,403837	0,000587
	85	2832,693	48,33	2821,117	48,33027	0,40865	0,000553
	86	2832,682	48,33	2820,97	48,33025	0,413464	0,00052
	87	2832,67	48,33	2820,822	48,33024	0,418277	0,000489
	88	2832,659	48,33	2820,675	48,33022	0,423091	0,000461
	89	2832,648	48,33	2820,527	48,33021	0,427905	0,000433
	90	2832,637	48,33	2820,38	48,3302	0,432718	0,000408
	91	2832,626	48,33	2820,232	48,33019	0,437532	0,000384
	92	2832,615	48,33	2820,085	48,33017	0,442347	0,000361
	93	2832,603	48,33	2819,937	48,33016	0,447161	0,00034
	94	2832,592	48,33	2819,79	48,33015	0,451975	0,00032
	95	2832,581	48,33	2819,642	48,33015	0,45679	0,000301
	96	2832,57	48,33	2819,494	48,33014	0,461605	0,000283
	97	2832,559	48,33	2819,347	48,33013	0,466419	0,000267
	98	2832,547	48,33	2819,199	48,33012	0,471234	0,000251
	99	2832,536	48,33	2819,052	48,33011	0,47605	0,000236
	100	2832,525	48,33	2818,904	48,33011	0,480865	0,000222

**Tabel H, 18** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1151 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1151	0	2845,32	48,37744	2845,32	48,37744	7,52E-09	4,56E-09
	1	2845,309	48,37257	2845,173	48,37464	0,004774	0,004285
	2	2845,297	48,36771	2845,026	48,37201	0,009548	0,008895
	3	2845,286	48,36277	2844,879	48,36954	0,014322	0,013983
	4	2845,275	48,35839	2844,732	48,36721	0,019097	0,01822
	5	2845,264	48,35432	2844,585	48,36501	0,023871	0,022111
	6	2845,253	48,35044	2844,438	48,36295	0,028646	0,025872
	7	2845,241	48,34752	2844,29	48,36101	0,03342	0,027887
	8	2845,23	48,34482	2844,143	48,35918	0,038195	0,0297
	9	2845,219	48,34239	2843,996	48,35746	0,04297	0,031167
	10	2845,208	48,34025	2843,849	48,35584	0,047745	0,032256
	11	2845,197	48,33882	2843,702	48,35432	0,05252	0,032059
	12	2845,185	48,33745	2843,555	48,35288	0,057295	0,03193
	13	2845,174	48,33607	2843,408	48,35154	0,06207	0,031988
	14	2845,163	48,33498	2843,261	48,35027	0,066845	0,031633
	15	2845,152	48,33418	2843,114	48,34907	0,071621	0,030808
	16	2845,14	48,33339	2842,967	48,34795	0,076396	0,030128
	17	2845,129	48,33278	2842,82	48,34689	0,081172	0,029193
	18	2845,118	48,3323	2842,673	48,34589	0,085948	0,028127
	19	2845,107	48,33187	2842,526	48,34496	0,090724	0,027084
	20	2845,096	48,33154	2842,378	48,34408	0,0955	0,025932
	21	2845,084	48,33127	2842,231	48,34325	0,100276	0,024788
	22	2845,073	48,33105	2842,084	48,34247	0,105052	0,023625
	23	2845,062	48,33087	2841,937	48,34173	0,109829	0,022462
	24	2845,051	48,33072	2841,79	48,34104	0,114605	0,021351
	25	2845,039	48,33059	2841,643	48,34039	0,119382	0,020276
	26	2845,028	48,3305	2841,496	48,33978	0,124159	0,019196
	27	2845,017	48,33041	2841,349	48,3392	0,128936	0,01819
	28	2845,006	48,33033	2841,202	48,33866	0,133713	0,017225
	29	2844,995	48,33027	2841,055	48,33815	0,13849	0,0163
	30	2844,983	48,33022	2840,907	48,33767	0,143267	0,015407

Tabel H, 18 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1151	31	2844,972	48,33018	2840,76	48,33722	0,148044	0,014554
	32	2844,961	48,33015	2840,613	48,33679	0,152822	0,013739
	33	2844,95	48,33013	2840,466	48,33639	0,157599	0,012962
	34	2844,939	48,3301	2840,319	48,33601	0,162377	0,012229
	35	2844,927	48,33008	2840,172	48,33566	0,167155	0,011534
	36	2844,916	48,33007	2840,025	48,33533	0,171933	0,01088
	37	2844,905	48,33005	2839,878	48,33501	0,176711	0,010256
	38	2844,894	48,33005	2839,73	48,33472	0,18149	0,009663
	39	2844,882	48,33004	2839,583	48,33444	0,186268	0,009104
	40	2844,871	48,33003	2839,436	48,33418	0,191046	0,008577
	41	2844,86	48,33003	2839,289	48,33393	0,195825	0,008079
	42	2844,849	48,33002	2839,142	48,3337	0,200604	0,007611
	43	2844,838	48,33002	2838,995	48,33348	0,205383	0,007166
	44	2844,826	48,33001	2838,848	48,33328	0,210162	0,006748
	45	2844,815	48,33001	2838,7	48,33308	0,214941	0,006354
	46	2844,804	48,33001	2838,553	48,3329	0,21972	0,005982
	47	2844,793	48,33001	2838,406	48,33273	0,2245	0,005632
	48	2844,781	48,33001	2838,259	48,33257	0,229279	0,005302
	49	2844,77	48,33001	2838,112	48,33242	0,234059	0,004991
	50	2844,759	48,33	2837,965	48,33227	0,238839	0,004698
	51	2844,748	48,33	2837,817	48,33214	0,243619	0,004422
	52	2844,737	48,33	2837,67	48,33201	0,248399	0,004162
	53	2844,725	48,33	2837,523	48,3319	0,253179	0,003918
	54	2844,714	48,33	2837,376	48,33178	0,25796	0,003687
	55	2844,703	48,33	2837,229	48,33168	0,26274	0,00347
	56	2844,692	48,33	2837,082	48,33158	0,267521	0,003266
	57	2844,68	48,33	2836,934	48,33149	0,272301	0,003074
	58	2844,669	48,33	2836,787	48,3314	0,277082	0,002893
	59	2844,658	48,33	2836,64	48,33132	0,281863	0,002723
	60	2844,647	48,33	2836,493	48,33124	0,286644	0,002563
	61	2844,636	48,33	2836,346	48,33117	0,291426	0,002412
	62	2844,624	48,33	2836,198	48,3311	0,296207	0,00227
	63	2844,613	48,33	2836,051	48,33103	0,300989	0,002136
	64	2844,602	48,33	2835,904	48,33097	0,30577	0,00201
	65	2844,591	48,33	2835,757	48,33091	0,310552	0,001892
	66	2844,58	48,33	2835,61	48,33086	0,315334	0,00178
	67	2844,568	48,33	2835,462	48,33081	0,320116	0,001675

Tabel H, 18 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1151	68	2844,557	48,33	2835,315	48,33076	0,324899	0,001577
	69	2844,546	48,33	2835,168	48,33072	0,329681	0,001484
	70	2844,535	48,33	2835,021	48,33067	0,334463	0,001396
	71	2844,523	48,33	2834,873	48,33064	0,339246	0,001314
	72	2844,512	48,33	2834,726	48,3306	0,344029	0,001237
	73	2844,501	48,33	2834,579	48,33056	0,348812	0,001164
	74	2844,49	48,33	2834,432	48,33053	0,353595	0,001095
	75	2844,479	48,33	2834,285	48,3305	0,358378	0,001031
	76	2844,467	48,33	2834,137	48,33047	0,363161	0,00097
	77	2844,456	48,33	2833,99	48,33044	0,367945	0,000913
	78	2844,445	48,33	2833,843	48,33042	0,372728	0,000859
	79	2844,434	48,33	2833,696	48,33039	0,377512	0,000808
	80	2844,422	48,33	2833,548	48,33037	0,382296	0,000761
	81	2844,411	48,33	2833,401	48,33035	0,38708	0,000716
	82	2844,4	48,33	2833,254	48,33033	0,391864	0,000674
	83	2844,389	48,33	2833,107	48,33031	0,396648	0,000634
	84	2844,378	48,33	2832,959	48,33029	0,401432	0,000597
	85	2844,366	48,33	2832,812	48,33027	0,406217	0,000561
	86	2844,355	48,33	2832,665	48,33026	0,411001	0,000528
	87	2844,344	48,33	2832,518	48,33024	0,415786	0,000497
	88	2844,333	48,33	2832,37	48,33023	0,420571	0,000468
	89	2844,321	48,33	2832,223	48,33021	0,425356	0,00044
	90	2844,31	48,33	2832,076	48,3302	0,430141	0,000414
	91	2844,299	48,33	2831,928	48,33019	0,434927	0,00039
	92	2844,288	48,33	2831,781	48,33018	0,439712	0,000367
	93	2844,277	48,33	2831,634	48,33017	0,444498	0,000345
	94	2844,265	48,33	2831,487	48,33016	0,449283	0,000325
	95	2844,254	48,33	2831,339	48,33015	0,454069	0,000306
	96	2844,243	48,33	2831,192	48,33014	0,458855	0,000288
	97	2844,232	48,33	2831,045	48,33013	0,463641	0,000271
	98	2844,221	48,33	2830,897	48,33012	0,468428	0,000255
	99	2844,209	48,33	2830,75	48,33012	0,473214	0,00024
	100	2844,198	48,33	2830,603	48,33011	0,478001	0,000226

**Tabel H, 19** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1156,8 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1156,8	0	2856,996	48,37816	2856,996	48,37816	1,43E-08	4,99E-09
	1	2856,985	48,37321	2856,85	48,37532	0,004746	0,00435
	2	2856,974	48,36828	2856,703	48,37265	0,009492	0,009029
	3	2856,963	48,36327	2856,556	48,37013	0,014238	0,014193
	4	2856,951	48,35882	2856,409	48,36777	0,018984	0,018495
	5	2856,94	48,35469	2856,262	48,36554	0,02373	0,022445
	6	2856,929	48,35075	2856,115	48,36345	0,028476	0,026262
	7	2856,918	48,34779	2855,969	48,36148	0,033222	0,028309
	8	2856,906	48,34504	2855,822	48,35962	0,037969	0,03015
	9	2856,895	48,34258	2855,675	48,35787	0,042715	0,031638
	10	2856,884	48,3404	2855,528	48,35623	0,047462	0,032744
	11	2856,873	48,33895	2855,381	48,35469	0,052209	0,032544
	12	2856,861	48,33756	2855,234	48,35323	0,056956	0,032413
	13	2856,85	48,33617	2855,087	48,35186	0,061703	0,032472
	14	2856,839	48,33505	2854,941	48,35057	0,06645	0,032112
	15	2856,828	48,33424	2854,794	48,34936	0,071197	0,031274
	16	2856,816	48,33344	2854,647	48,34822	0,075944	0,030584
	17	2856,805	48,33282	2854,5	48,34715	0,080692	0,029635
	18	2856,794	48,33233	2854,353	48,34614	0,085439	0,028553
	19	2856,783	48,3319	2854,206	48,34518	0,090187	0,027495
	20	2856,771	48,33157	2854,059	48,34429	0,094934	0,026326
	21	2856,76	48,33128	2853,912	48,34345	0,099682	0,025164
	22	2856,749	48,33106	2853,766	48,34265	0,10443	0,023984
	23	2856,738	48,33089	2853,619	48,34191	0,109178	0,022803
	24	2856,726	48,33073	2853,472	48,34121	0,113927	0,021675
	25	2856,715	48,3306	2853,325	48,34055	0,118675	0,020584
	26	2856,704	48,33051	2853,178	48,33992	0,123423	0,019488
	27	2856,693	48,33041	2853,031	48,33934	0,128172	0,018467
	28	2856,681	48,33034	2852,884	48,33879	0,132921	0,017487
	29	2856,67	48,33027	2852,737	48,33827	0,13767	0,016548
	30	2856,659	48,33022	2852,59	48,33778	0,142418	0,015641

Tabel H, 19 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1156,8	31	2856,648	48,33018	2852,444	48,33732	0,147168	0,014775
	32	2856,636	48,33015	2852,297	48,33689	0,151917	0,013948
	33	2856,625	48,33013	2852,15	48,33649	0,156666	0,01316
	34	2856,614	48,3301	2852,003	48,3361	0,161416	0,012415
	35	2856,603	48,33009	2851,856	48,33574	0,166165	0,01171
	36	2856,591	48,33007	2851,709	48,33541	0,170915	0,011046
	37	2856,58	48,33006	2851,562	48,33509	0,175665	0,010412
	38	2856,569	48,33005	2851,415	48,33479	0,180415	0,009811
	39	2856,558	48,33004	2851,268	48,33451	0,185165	0,009243
	40	2856,546	48,33003	2851,121	48,33424	0,189915	0,008707
	41	2856,535	48,33003	2850,974	48,33399	0,194665	0,008202
	42	2856,524	48,33002	2850,828	48,33375	0,199416	0,007727
	43	2856,513	48,33002	2850,681	48,33353	0,204166	0,007276
	44	2856,501	48,33001	2850,534	48,33333	0,208917	0,006851
	45	2856,49	48,33001	2850,387	48,33313	0,213668	0,006451
	46	2856,479	48,33001	2850,24	48,33294	0,218419	0,006073
	47	2856,468	48,33001	2850,093	48,33277	0,22317	0,005718
	48	2856,456	48,33001	2849,946	48,33261	0,227921	0,005383
	49	2856,445	48,33001	2849,799	48,33245	0,232672	0,005067
	50	2856,434	48,33	2849,652	48,33231	0,237424	0,00477
	51	2856,423	48,33	2849,505	48,33217	0,242176	0,00449
	52	2856,411	48,33	2849,358	48,33205	0,246927	0,004226
	53	2856,4	48,33	2849,211	48,33192	0,251679	0,003978
	54	2856,389	48,33	2849,064	48,33181	0,256431	0,003744
	55	2856,378	48,33	2848,917	48,3317	0,261183	0,003524
	56	2856,366	48,33	2848,77	48,3316	0,265936	0,003316
	57	2856,355	48,33	2848,623	48,33151	0,270688	0,003121
	58	2856,344	48,33	2848,476	48,33142	0,275441	0,002938
	59	2856,333	48,33	2848,329	48,33134	0,280193	0,002765
	60	2856,321	48,33	2848,182	48,33126	0,284946	0,002602
	61	2856,31	48,33	2848,035	48,33118	0,289699	0,002449
	62	2856,299	48,33	2847,888	48,33111	0,294452	0,002304
	63	2856,288	48,33	2847,741	48,33105	0,299205	0,002169
	64	2856,276	48,33	2847,594	48,33099	0,303959	0,002041
	65	2856,265	48,33	2847,447	48,33093	0,308712	0,001921
	66	2856,254	48,33	2847,3	48,33087	0,313466	0,001808
	67	2856,243	48,33	2847,153	48,33082	0,318219	0,001701



Tabel H, 19 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1156,8	68	2856,231	48,33	2847,007	48,33077	0,322973	0,001601
	69	2856,22	48,33	2846,86	48,33073	0,327727	0,001507
	70	2856,209	48,33	2846,712	48,33069	0,332481	0,001418
	71	2856,198	48,33	2846,565	48,33064	0,337236	0,001334
	72	2856,186	48,33	2846,418	48,33061	0,34199	0,001256
	73	2856,175	48,33	2846,271	48,33057	0,346744	0,001182
	74	2856,164	48,33	2846,124	48,33054	0,351499	0,001112
	75	2856,153	48,33	2845,977	48,33051	0,356254	0,001046
	76	2856,141	48,33	2845,83	48,33048	0,361009	0,000985
	77	2856,13	48,33	2845,683	48,33045	0,365764	0,000927
	78	2856,119	48,33	2845,536	48,33042	0,370519	0,000872
	79	2856,108	48,33	2845,389	48,3304	0,375274	0,000821
	80	2856,096	48,33	2845,242	48,33037	0,38003	0,000772
	81	2856,085	48,33	2845,095	48,33035	0,384785	0,000727
	82	2856,074	48,33	2844,948	48,33033	0,389541	0,000684
	83	2856,063	48,33	2844,801	48,33031	0,394297	0,000644
	84	2856,051	48,33	2844,654	48,33029	0,399053	0,000606
	85	2856,04	48,33	2844,507	48,33028	0,403809	0,00057
	86	2856,029	48,33	2844,36	48,33026	0,408565	0,000536
	87	2856,018	48,33	2844,213	48,33024	0,413322	0,000505
	88	2856,006	48,33	2844,066	48,33023	0,418078	0,000475
	89	2855,995	48,33	2843,919	48,33022	0,422835	0,000447
	90	2855,984	48,33	2843,772	48,3302	0,427591	0,000421
	91	2855,973	48,33	2843,625	48,33019	0,432348	0,000396
	92	2855,961	48,33	2843,478	48,33018	0,437105	0,000373
	93	2855,95	48,33	2843,331	48,33017	0,441863	0,000351
	94	2855,939	48,33	2843,184	48,33016	0,44662	0,00033
	95	2855,928	48,33	2843,037	48,33015	0,451377	0,000311
	96	2855,916	48,33	2842,889	48,33014	0,456135	0,000292
	97	2855,905	48,33	2842,742	48,33013	0,460893	0,000275
	98	2855,894	48,33	2842,595	48,33013	0,46565	0,000259
	99	2855,883	48,33	2842,448	48,33012	0,470408	0,000244
	100	2855,871	48,33	2842,301	48,33011	0,475166	0,000229

**Tabel H, 20** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1162,6 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1162,6	0	2868,673	48,37887	2868,673	48,37887	8,13E-09	5,88E-09
	1	2868,662	48,37385	2868,526	48,37599	0,004718	0,004414
	2	2868,651	48,36884	2868,38	48,37328	0,009436	0,009164
	3	2868,639	48,36376	2868,233	48,37073	0,014154	0,014405
	4	2868,628	48,35925	2868,087	48,36833	0,018872	0,018769
	5	2868,617	48,35505	2867,94	48,36607	0,02359	0,022777
	6	2868,605	48,35106	2867,793	48,36394	0,028308	0,02665
	7	2868,594	48,34805	2867,647	48,36194	0,033027	0,028726
	8	2868,583	48,34527	2867,5	48,36006	0,037745	0,030594
	9	2868,572	48,34277	2867,353	48,35829	0,042464	0,032105
	10	2868,56	48,34056	2867,207	48,35662	0,047182	0,033227
	11	2868,549	48,33909	2867,06	48,35505	0,051901	0,033026
	12	2868,538	48,33767	2866,914	48,35357	0,05662	0,032894
	13	2868,526	48,33626	2866,767	48,35219	0,061339	0,032955
	14	2868,515	48,33513	2866,62	48,35088	0,066058	0,032589
	15	2868,504	48,33431	2866,474	48,34965	0,070777	0,031739
	16	2868,493	48,33349	2866,327	48,34849	0,075497	0,03104
	17	2868,481	48,33286	2866,18	48,3474	0,080216	0,030076
	18	2868,47	48,33237	2866,034	48,34637	0,084936	0,028978
	19	2868,459	48,33192	2865,887	48,34541	0,089655	0,027903
	20	2868,447	48,33159	2865,74	48,3445	0,094375	0,026717
	21	2868,436	48,3313	2865,594	48,34365	0,099095	0,025538
	22	2868,425	48,33108	2865,447	48,34284	0,103815	0,024339
	23	2868,414	48,3309	2865,3	48,34209	0,108535	0,023141
	24	2868,402	48,33074	2865,154	48,34137	0,113255	0,021996
	25	2868,391	48,33061	2865,007	48,3407	0,117975	0,02089
	26	2868,38	48,33051	2864,86	48,34007	0,122696	0,019777
	27	2868,368	48,33042	2864,714	48,33948	0,127416	0,018741
	28	2868,357	48,33034	2864,567	48,33892	0,132137	0,017747
	29	2868,346	48,33028	2864,42	48,33839	0,136858	0,016793
	30	2868,335	48,33023	2864,274	48,3379	0,141579	0,015873
	31	2868,323	48,33019	2864,127	48,33743	0,1463	0,014995



Tabel H, 20 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1162,6	32	2868,312	48,33015	2863,98	48,337	0,151021	0,014155
	33	2868,301	48,33013	2863,834	48,33658	0,155742	0,013355
	34	2868,289	48,33011	2863,687	48,3362	0,160464	0,012599
	35	2868,278	48,33009	2863,54	48,33583	0,165185	0,011883
	36	2868,267	48,33007	2863,394	48,33549	0,169907	0,01121
	37	2868,256	48,33006	2863,247	48,33516	0,174629	0,010567
	38	2868,244	48,33005	2863,1	48,33486	0,179351	0,009957
	39	2868,233	48,33004	2862,953	48,33457	0,184073	0,00938
	40	2868,222	48,33003	2862,807	48,3343	0,188795	0,008837
	41	2868,21	48,33003	2862,66	48,33405	0,193517	0,008324
	42	2868,199	48,33002	2862,513	48,33381	0,19824	0,007842
	43	2868,188	48,33002	2862,367	48,33359	0,202962	0,007384
	44	2868,177	48,33001	2862,22	48,33337	0,207685	0,006953
	45	2868,165	48,33001	2862,073	48,33318	0,212408	0,006547
	46	2868,154	48,33001	2861,926	48,33299	0,217131	0,006164
	47	2868,143	48,33001	2861,78	48,33281	0,221854	0,005803
	48	2868,131	48,33001	2861,633	48,33265	0,226577	0,005463
	49	2868,12	48,33001	2861,486	48,33249	0,2313	0,005143
	50	2868,109	48,33	2861,34	48,33234	0,236024	0,004841
	51	2868,098	48,33	2861,193	48,33221	0,240747	0,004557
	52	2868,086	48,33	2861,046	48,33208	0,245471	0,004289
	53	2868,075	48,33	2860,899	48,33195	0,250195	0,004037
	54	2868,064	48,33	2860,753	48,33184	0,254919	0,0038
	55	2868,053	48,33	2860,606	48,33173	0,259643	0,003576
	56	2868,041	48,33	2860,459	48,33163	0,264367	0,003366
	57	2868,03	48,33	2860,312	48,33153	0,269092	0,003168
	58	2868,019	48,33	2860,166	48,33144	0,273816	0,002981
	59	2868,007	48,33	2860,019	48,33136	0,278541	0,002806
	60	2867,996	48,33	2859,872	48,33128	0,283265	0,002641
	61	2867,985	48,33	2859,725	48,3312	0,28799	0,002485
	62	2867,974	48,33	2859,579	48,33113	0,292715	0,002339
	63	2867,962	48,33	2859,432	48,33106	0,29744	0,002201
	64	2867,951	48,33	2859,285	48,331	0,302166	0,002071
	65	2867,94	48,33	2859,138	48,33094	0,306891	0,001949
	66	2867,928	48,33	2858,991	48,33089	0,311617	0,001835
	67	2867,917	48,33	2858,845	48,33083	0,316342	0,001727

Tabel H, 20 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1162,6	68	2867,906	48,33	2858,698	48,33079	0,321068	0,001625
	69	2867,895	48,33	2858,551	48,33074	0,325794	0,001529
	70	2867,883	48,33	2858,404	48,3307	0,33052	0,001439
	71	2867,872	48,33	2858,258	48,33065	0,335246	0,001354
	72	2867,861	48,33	2858,111	48,33062	0,339972	0,001274
	73	2867,849	48,33	2857,964	48,33058	0,344699	0,001199
	74	2867,838	48,33	2857,817	48,33055	0,349425	0,001129
	75	2867,827	48,33	2857,67	48,33051	0,354152	0,001062
	76	2867,816	48,33	2857,524	48,33048	0,358879	0,001
	77	2867,804	48,33	2857,377	48,33045	0,363606	0,000941
	78	2867,793	48,33	2857,23	48,33043	0,368333	0,000885
	79	2867,782	48,33	2857,083	48,3304	0,37306	0,000833
	80	2867,77	48,33	2856,936	48,33038	0,377788	0,000784
	81	2867,759	48,33	2856,79	48,33036	0,382515	0,000738
	82	2867,748	48,33	2856,643	48,33034	0,387243	0,000694
	83	2867,737	48,33	2856,496	48,33032	0,39197	0,000653
	84	2867,725	48,33	2856,349	48,3303	0,396698	0,000615
	85	2867,714	48,33	2856,202	48,33028	0,401426	0,000579
	86	2867,703	48,33	2856,055	48,33026	0,406154	0,000544
	87	2867,691	48,33	2855,909	48,33025	0,410883	0,000512
	88	2867,68	48,33	2855,762	48,33023	0,415611	0,000482
	89	2867,669	48,33	2855,615	48,33022	0,42034	0,000454
	90	2867,658	48,33	2855,468	48,33021	0,425068	0,000427
	91	2867,646	48,33	2855,321	48,33019	0,429797	0,000402
	92	2867,635	48,33	2855,174	48,33018	0,434526	0,000378
	93	2867,624	48,33	2855,028	48,33017	0,439255	0,000356
	94	2867,612	48,33	2854,881	48,33016	0,443984	0,000335
	95	2867,601	48,33	2854,734	48,33015	0,448714	0,000315
	96	2867,59	48,33	2854,587	48,33014	0,453443	0,000297
	97	2867,579	48,33	2854,44	48,33013	0,458173	0,000279
	98	2867,567	48,33	2854,293	48,33013	0,462902	0,000263
	99	2867,556	48,33	2854,146	48,33012	0,467632	0,000247
	100	2867,545	48,33	2854	48,33011	0,472362	0,000233

**Tabel H, 21** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1168,4 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1168,4	0	2880,35	48,37957	2880,35	48,37957	1,03E-08	3,07E-09
	1	2880,339	48,37448	2880,204	48,37665	0,00469	0,004478
	2	2880,327	48,3694	2880,057	48,3739	0,00938	0,009295
	3	2880,316	48,36425	2879,911	48,37131	0,014071	0,014612
	4	2880,305	48,35967	2879,764	48,36888	0,018761	0,019039
	5	2880,293	48,35541	2879,618	48,36659	0,023452	0,023104
	6	2880,282	48,35136	2879,471	48,36443	0,028142	0,027033
	7	2880,271	48,34831	2879,325	48,3624	0,032833	0,029139
	8	2880,259	48,34549	2879,179	48,36049	0,037524	0,031034
	9	2880,248	48,34295	2879,032	48,35869	0,042215	0,032567
	10	2880,237	48,34071	2878,886	48,357	0,046906	0,033706
	11	2880,225	48,33922	2878,739	48,35541	0,051597	0,033502
	12	2880,214	48,33779	2878,593	48,35391	0,056288	0,033368
	13	2880,203	48,33635	2878,447	48,35251	0,060979	0,03343
	14	2880,192	48,3352	2878,3	48,35118	0,065671	0,033059
	15	2880,18	48,33437	2878,154	48,34993	0,070362	0,032197
	16	2880,169	48,33354	2878,007	48,34876	0,075054	0,031488
	17	2880,158	48,3329	2877,861	48,34765	0,079745	0,03051
	18	2880,146	48,3324	2877,714	48,34661	0,084437	0,029396
	19	2880,135	48,33195	2877,568	48,34563	0,089129	0,028306
	20	2880,124	48,33161	2877,421	48,34471	0,093821	0,027102
	21	2880,112	48,33132	2877,275	48,34384	0,098513	0,025907
	22	2880,101	48,33109	2877,129	48,34303	0,103206	0,024691
	23	2880,09	48,33091	2876,982	48,34226	0,107898	0,023476
	24	2880,078	48,33075	2876,836	48,34154	0,112591	0,022315
	25	2880,067	48,33062	2876,689	48,34086	0,117283	0,021192
	26	2880,056	48,33052	2876,543	48,34022	0,121976	0,020063
	27	2880,044	48,33043	2876,396	48,33962	0,126669	0,019012
	28	2880,033	48,33035	2876,25	48,33905	0,131362	0,018004
	29	2880,022	48,33028	2876,103	48,33852	0,136055	0,017037
	30	2880,01	48,33023	2875,957	48,33801	0,140748	0,016103

Tabel H, 21 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1168,4	31	2879,999	48,33019	2875,81	48,33754	0,145441	0,015212
	32	2879,988	48,33016	2875,664	48,3371	0,150135	0,01436
	33	2879,977	48,33013	2875,517	48,33668	0,154828	0,013549
	34	2879,965	48,33011	2875,371	48,33629	0,159522	0,012782
	35	2879,954	48,33009	2875,225	48,33591	0,164216	0,012056
	36	2879,943	48,33007	2875,078	48,33557	0,16891	0,011373
	37	2879,931	48,33006	2874,932	48,33524	0,173604	0,010721
	38	2879,92	48,33005	2874,785	48,33493	0,178298	0,010101
	39	2879,909	48,33004	2874,639	48,33464	0,182992	0,009516
	40	2879,897	48,33003	2874,492	48,33437	0,187687	0,008965
	41	2879,886	48,33003	2874,346	48,33411	0,192382	0,008445
	42	2879,875	48,33002	2874,199	48,33387	0,197076	0,007956
	43	2879,863	48,33002	2874,053	48,33364	0,201771	0,007492
	44	2879,852	48,33001	2873,906	48,33342	0,206466	0,007054
	45	2879,841	48,33001	2873,76	48,33322	0,211161	0,006642
	46	2879,829	48,33001	2873,613	48,33303	0,215856	0,006254
	47	2879,818	48,33001	2873,467	48,33285	0,220552	0,005888
	48	2879,807	48,33001	2873,32	48,33269	0,225247	0,005542
	49	2879,795	48,33001	2873,174	48,33253	0,229943	0,005218
	50	2879,784	48,33	2873,027	48,33238	0,234638	0,004911
	51	2879,773	48,33	2872,881	48,33224	0,239334	0,004623
	52	2879,762	48,33	2872,734	48,33211	0,24403	0,004352
	53	2879,75	48,33	2872,587	48,33198	0,248726	0,004096
	54	2879,739	48,33	2872,441	48,33187	0,253422	0,003855
	55	2879,728	48,33	2872,294	48,33176	0,258119	0,003628
	56	2879,716	48,33	2872,148	48,33165	0,262815	0,003415
	57	2879,705	48,33	2872,001	48,33155	0,267512	0,003214
	58	2879,694	48,33	2871,855	48,33146	0,272208	0,003025
	59	2879,682	48,33	2871,708	48,33138	0,276905	0,002847
	60	2879,671	48,33	2871,562	48,3313	0,281602	0,002679
	61	2879,66	48,33	2871,415	48,33122	0,286299	0,002522
	62	2879,648	48,33	2871,269	48,33115	0,290997	0,002373
	63	2879,637	48,33	2871,122	48,33108	0,295694	0,002233
	64	2879,626	48,33	2870,976	48,33102	0,300391	0,002102
	65	2879,614	48,33	2870,829	48,33096	0,305089	0,001978
	66	2879,603	48,33	2870,682	48,3309	0,309787	0,001861
	67	2879,592	48,33	2870,536	48,33085	0,314485	0,001752

Tabel H, 21 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1168,4	68	2879,58	48,33	2870,389	48,3308	0,319183	0,001649
	69	2879,569	48,33	2870,243	48,33075	0,323881	0,001551
	70	2879,558	48,33	2870,096	48,33071	0,328579	0,00146
	71	2879,546	48,33	2869,95	48,33066	0,333277	0,001374
	72	2879,535	48,33	2869,803	48,33062	0,337976	0,001293
	73	2879,524	48,33	2869,656	48,33059	0,342675	0,001217
	74	2879,513	48,33	2869,51	48,33055	0,347373	0,001145
	75	2879,501	48,33	2869,363	48,33052	0,352072	0,001078
	76	2879,49	48,33	2869,217	48,33049	0,356771	0,001014
	77	2879,479	48,33	2869,07	48,33046	0,36147	0,000954
	78	2879,467	48,33	2868,924	48,33043	0,36617	0,000898
	79	2879,456	48,33	2868,777	48,33041	0,370869	0,000845
	80	2879,445	48,33	2868,63	48,33038	0,375569	0,000795
	81	2879,433	48,33	2868,484	48,33036	0,380268	0,000749
	82	2879,422	48,33	2868,337	48,33034	0,384968	0,000704
	83	2879,411	48,33	2868,191	48,33032	0,389668	0,000663
	84	2879,399	48,33	2868,044	48,3303	0,394368	0,000624
	85	2879,388	48,33	2867,897	48,33028	0,399068	0,000587
	86	2879,377	48,33	2867,751	48,33027	0,403769	0,000552
	87	2879,365	48,33	2867,604	48,33025	0,408469	0,00052
	88	2879,354	48,33	2867,457	48,33024	0,41317	0,000489
	89	2879,343	48,33	2867,311	48,33022	0,417871	0,00046
	90	2879,331	48,33	2867,164	48,33021	0,422571	0,000433
	91	2879,32	48,33	2867,018	48,3302	0,427272	0,000408
	92	2879,309	48,33	2866,871	48,33019	0,431973	0,000384
	93	2879,298	48,33	2866,724	48,33017	0,436675	0,000361
	94	2879,286	48,33	2866,578	48,33016	0,441376	0,00034
	95	2879,275	48,33	2866,431	48,33015	0,446078	0,00032
	96	2879,264	48,33	2866,284	48,33015	0,450779	0,000301
	97	2879,252	48,33	2866,138	48,33014	0,455481	0,000283
	98	2879,241	48,33	2865,991	48,33013	0,460183	0,000267
	99	2879,23	48,33	2865,845	48,33012	0,464885	0,000251
	100	2879,218	48,33	2865,698	48,33011	0,469587	0,000236

**Tabel H, 22** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1174,2 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1174,2	0	2892,027	48,38027	2892,027	48,38027	6,13E-09	1,75E-09
	1	2892,016	48,37511	2891,881	48,3773	0,004663	0,00454
	2	2892,004	48,36996	2891,735	48,37452	0,009326	0,009425
	3	2891,993	48,36473	2891,588	48,37189	0,013989	0,014816
	4	2891,982	48,36009	2891,442	48,36942	0,018652	0,019306
	5	2891,97	48,35577	2891,296	48,3671	0,023315	0,023428
	6	2891,959	48,35166	2891,15	48,36491	0,027978	0,027413
	7	2891,948	48,34857	2891,004	48,36286	0,032641	0,029549
	8	2891,936	48,34571	2890,857	48,36092	0,037305	0,03147
	9	2891,925	48,34313	2890,711	48,3591	0,041968	0,033025
	10	2891,913	48,34086	2890,565	48,35738	0,046632	0,03418
	11	2891,902	48,33935	2890,419	48,35577	0,051295	0,033973
	12	2891,891	48,3379	2890,273	48,35425	0,055959	0,033838
	13	2891,879	48,33644	2890,126	48,35282	0,060623	0,0339
	14	2891,868	48,33527	2889,98	48,35148	0,065287	0,033525
	15	2891,857	48,33443	2889,834	48,35021	0,069951	0,032651
	16	2891,845	48,33359	2889,688	48,34902	0,074615	0,031931
	17	2891,834	48,33295	2889,541	48,3479	0,07928	0,03094
	18	2891,823	48,33244	2889,395	48,34685	0,083944	0,029811
	19	2891,811	48,33198	2889,249	48,34585	0,088609	0,028705
	20	2891,8	48,33163	2889,103	48,34492	0,093273	0,027485
	21	2891,789	48,33134	2888,956	48,34404	0,097938	0,026272
	22	2891,777	48,33111	2888,81	48,34321	0,102603	0,02504
	23	2891,766	48,33093	2888,664	48,34243	0,107268	0,023807
	24	2891,755	48,33076	2888,518	48,3417	0,111933	0,02263
	25	2891,743	48,33062	2888,372	48,34101	0,116598	0,021491
	26	2891,732	48,33053	2888,225	48,34036	0,121263	0,020347
	27	2891,721	48,33043	2888,079	48,33975	0,125929	0,019281
	28	2891,709	48,33035	2887,933	48,33918	0,130594	0,018259
	29	2891,698	48,33029	2887,787	48,33864	0,13526	0,017278
	30	2891,687	48,33023	2887,64	48,33813	0,139926	0,016331



Tabel H, 22 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1174,2	31	2891,675	48,33019	2887,494	48,33765	0,144592	0,015428
	32	2891,664	48,33016	2887,348	48,3372	0,149258	0,014564
	33	2891,652	48,33013	2887,202	48,33677	0,153924	0,013741
	34	2891,641	48,33011	2887,055	48,33637	0,15859	0,012963
	35	2891,63	48,33009	2886,909	48,336	0,163257	0,012227
	36	2891,618	48,33007	2886,763	48,33565	0,167923	0,011534
	37	2891,607	48,33006	2886,616	48,33531	0,17259	0,010873
	38	2891,596	48,33005	2886,47	48,335	0,177256	0,010245
	39	2891,584	48,33004	2886,324	48,3347	0,181923	0,009651
	40	2891,573	48,33003	2886,178	48,33443	0,18659	0,009093
	41	2891,562	48,33003	2886,031	48,33417	0,191257	0,008565
	42	2891,55	48,33002	2885,885	48,33392	0,195925	0,008069
	43	2891,539	48,33002	2885,739	48,33369	0,200592	0,007598
	44	2891,528	48,33001	2885,592	48,33347	0,20526	0,007154
	45	2891,516	48,33001	2885,446	48,33327	0,209927	0,006737
	46	2891,505	48,33001	2885,3	48,33308	0,214595	0,006342
	47	2891,494	48,33001	2885,154	48,33289	0,219263	0,005971
	48	2891,482	48,33001	2885,007	48,33272	0,223931	0,005621
	49	2891,471	48,33001	2884,861	48,33256	0,228599	0,005292
	50	2891,46	48,33	2884,715	48,33241	0,233267	0,004981
	51	2891,448	48,33	2884,568	48,33227	0,237935	0,004689
	52	2891,437	48,33	2884,422	48,33214	0,242604	0,004413
	53	2891,425	48,33	2884,276	48,33201	0,247273	0,004154
	54	2891,414	48,33	2884,129	48,33189	0,251941	0,00391
	55	2891,403	48,33	2883,983	48,33178	0,25661	0,00368
	56	2891,391	48,33	2883,837	48,33168	0,261279	0,003464
	57	2891,38	48,33	2883,691	48,33158	0,265948	0,00326
	58	2891,369	48,33	2883,544	48,33148	0,270618	0,003068
	59	2891,357	48,33	2883,398	48,3314	0,275287	0,002887
	60	2891,346	48,33	2883,252	48,33131	0,279956	0,002717
	61	2891,335	48,33	2883,105	48,33124	0,284626	0,002557
	62	2891,323	48,33	2882,959	48,33116	0,289296	0,002407
	63	2891,312	48,33	2882,813	48,3311	0,293966	0,002265
	64	2891,301	48,33	2882,666	48,33103	0,298636	0,002132
	65	2891,289	48,33	2882,52	48,33097	0,303306	0,002006
	66	2891,278	48,33	2882,373	48,33091	0,307976	0,001888
	67	2891,267	48,33	2882,227	48,33086	0,312646	0,001777

Tabel H, 22 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1174,2	68	2891,255	48,33	2882,081	48,33081	0,317317	0,001672
	69	2891,244	48,33	2881,934	48,33076	0,321988	0,001574
	70	2891,233	48,33	2881,788	48,33072	0,326658	0,001481
	71	2891,221	48,33	2881,642	48,33067	0,331329	0,001394
	72	2891,21	48,33	2881,495	48,33063	0,336	0,001312
	73	2891,198	48,33	2881,349	48,3306	0,340671	0,001234
	74	2891,187	48,33	2881,203	48,33056	0,345343	0,001162
	75	2891,176	48,33	2881,056	48,33053	0,350014	0,001093
	76	2891,164	48,33	2880,91	48,3305	0,354686	0,001029
	77	2891,153	48,33	2880,764	48,33047	0,359357	0,000968
	78	2891,142	48,33	2880,617	48,33044	0,364029	0,000911
	79	2891,13	48,33	2880,471	48,33041	0,368701	0,000857
	80	2891,119	48,33	2880,324	48,33039	0,373373	0,000807
	81	2891,108	48,33	2880,178	48,33037	0,378045	0,000759
	82	2891,096	48,33	2880,032	48,33035	0,382717	0,000715
	83	2891,085	48,33	2879,885	48,33032	0,38739	0,000672
	84	2891,074	48,33	2879,739	48,33031	0,392062	0,000633
	85	2891,062	48,33	2879,592	48,33029	0,396735	0,000596
	86	2891,051	48,33	2879,446	48,33027	0,401408	0,00056
	87	2891,04	48,33	2879,3	48,33025	0,406081	0,000527
	88	2891,028	48,33	2879,153	48,33024	0,410754	0,000496
	89	2891,017	48,33	2879,007	48,33023	0,415427	0,000467
	90	2891,006	48,33	2878,86	48,33021	0,4201	0,00044
	91	2890,994	48,33	2878,714	48,3302	0,424774	0,000414
	92	2890,983	48,33	2878,568	48,33019	0,429448	0,000389
	93	2890,971	48,33	2878,421	48,33018	0,434121	0,000366
	94	2890,96	48,33	2878,275	48,33017	0,438795	0,000345
	95	2890,949	48,33	2878,128	48,33016	0,443469	0,000324
	96	2890,937	48,33	2877,982	48,33015	0,448143	0,000305
	97	2890,926	48,33	2877,835	48,33014	0,452817	0,000287
	98	2890,915	48,33	2877,689	48,33013	0,457492	0,00027
	99	2890,903	48,33	2877,543	48,33012	0,462166	0,000254
	100	2890,892	48,33	2877,396	48,33012	0,466841	0,000239



**Tabel H, 23** Validasi model *reservoir well* dengan tekanan 1180 psia

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1180	0	2903,704	48,38096	2903,704	48,38096	1,43E-08	4,77E-09
	1	2903,693	48,37573	2903,558	48,37795	0,004636	0,004603
	2	2903,681	48,37051	2903,412	48,37513	0,009271	0,009554
	3	2903,67	48,3652	2903,266	48,37247	0,013907	0,015019
	4	2903,659	48,3605	2903,12	48,36997	0,018543	0,01957
	5	2903,647	48,35613	2902,974	48,36761	0,023179	0,02375
	6	2903,636	48,35196	2902,828	48,36539	0,027815	0,027789
	7	2903,625	48,34883	2902,682	48,36331	0,032451	0,029954
	8	2903,613	48,34592	2902,536	48,36135	0,037088	0,031903
	9	2903,602	48,34331	2902,39	48,3595	0,041724	0,033479
	10	2903,59	48,34101	2902,244	48,35776	0,046361	0,03465
	11	2903,579	48,33948	2902,098	48,35612	0,050997	0,03444
	12	2903,568	48,338	2901,952	48,35459	0,055634	0,034303
	13	2903,556	48,33653	2901,806	48,35314	0,060271	0,034367
	14	2903,545	48,33535	2901,66	48,35177	0,064907	0,033986
	15	2903,533	48,33449	2901,514	48,35049	0,069544	0,0331
	16	2903,522	48,33364	2901,368	48,34928	0,074181	0,032371
	17	2903,511	48,33299	2901,222	48,34815	0,078819	0,031366
	18	2903,499	48,33247	2901,076	48,34708	0,083456	0,030221
	19	2903,488	48,33201	2900,93	48,34607	0,088093	0,0291
	20	2903,477	48,33166	2900,784	48,34512	0,092731	0,027863
	21	2903,465	48,33136	2900,638	48,34423	0,097368	0,026635
	22	2903,454	48,33113	2900,492	48,34339	0,102006	0,025385
	23	2903,442	48,33094	2900,346	48,3426	0,106644	0,024135
	24	2903,431	48,33077	2900,2	48,34186	0,111282	0,022942
	25	2903,42	48,33063	2900,054	48,34116	0,11592	0,021788
	26	2903,408	48,33054	2899,908	48,34051	0,120558	0,020628
	27	2903,397	48,33044	2899,762	48,33989	0,125197	0,019547
	28	2903,385	48,33036	2899,616	48,3393	0,129835	0,018511
	29	2903,374	48,33029	2899,47	48,33876	0,134473	0,017517
	30	2903,363	48,33024	2899,324	48,33824	0,139112	0,016557

Tabel H, 23 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1180	31	2903,351	48,33019	2899,178	48,33775	0,143751	0,015641
	32	2903,34	48,33016	2899,032	48,3373	0,14839	0,014765
	33	2903,329	48,33013	2898,886	48,33687	0,153029	0,013931
	34	2903,317	48,33011	2898,74	48,33646	0,157668	0,013143
	35	2903,306	48,33009	2898,594	48,33608	0,162307	0,012396
	36	2903,294	48,33007	2898,447	48,33572	0,166946	0,011694
	37	2903,283	48,33006	2898,301	48,33539	0,171586	0,011023
	38	2903,272	48,33005	2898,155	48,33507	0,176226	0,010387
	39	2903,26	48,33004	2898,009	48,33477	0,180865	0,009785
	40	2903,249	48,33003	2897,863	48,33449	0,185505	0,009219
	41	2903,238	48,33003	2897,717	48,33422	0,190145	0,008684
	42	2903,226	48,33002	2897,571	48,33398	0,194785	0,008181
	43	2903,215	48,33002	2897,425	48,33374	0,199425	0,007703
	44	2903,203	48,33001	2897,279	48,33352	0,204066	0,007254
	45	2903,192	48,33001	2897,133	48,33331	0,208706	0,00683
	46	2903,181	48,33001	2896,987	48,33312	0,213347	0,00643
	47	2903,169	48,33001	2896,841	48,33293	0,217987	0,006054
	48	2903,158	48,33001	2896,695	48,33276	0,222628	0,005699
	49	2903,146	48,33001	2896,549	48,3326	0,227269	0,005365
	50	2903,135	48,33	2896,402	48,33245	0,23191	0,00505
	51	2903,124	48,33	2896,256	48,3323	0,236551	0,004754
	52	2903,112	48,33	2896,11	48,33217	0,241193	0,004475
	53	2903,101	48,33	2895,964	48,33204	0,245834	0,004212
	54	2903,09	48,33	2895,818	48,33192	0,250476	0,003964
	55	2903,078	48,33	2895,672	48,3318	0,255117	0,003731
	56	2903,067	48,33	2895,526	48,3317	0,259759	0,003512
	57	2903,055	48,33	2895,38	48,3316	0,264401	0,003305
	58	2903,044	48,33	2895,234	48,3315	0,269043	0,003111
	59	2903,033	48,33	2895,087	48,33142	0,273685	0,002928
	60	2903,021	48,33	2894,941	48,33133	0,278328	0,002755
	61	2903,01	48,33	2894,795	48,33125	0,28297	0,002593
	62	2902,998	48,33	2894,649	48,33118	0,287613	0,00244
	63	2902,987	48,33	2894,503	48,33111	0,292255	0,002297
	64	2902,976	48,33	2894,357	48,33104	0,296898	0,002161
	65	2902,964	48,33	2894,211	48,33098	0,301541	0,002034
	66	2902,953	48,33	2894,065	48,33093	0,306184	0,001914
	67	2902,942	48,33	2893,918	48,33087	0,310827	0,001802

Tabel H, 23 (lanjutan)

P	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1180	68	2902,93	48,33	2893,772	48,33082	0,31547	0,001695
	69	2902,919	48,33	2893,626	48,33077	0,320114	0,001596
	70	2902,907	48,33	2893,48	48,33073	0,324757	0,001502
	71	2902,896	48,33	2893,334	48,33068	0,329401	0,001413
	72	2902,885	48,33	2893,188	48,33064	0,334045	0,00133
	73	2902,873	48,33	2893,042	48,3306	0,338689	0,001251
	74	2902,862	48,33	2892,895	48,33057	0,343333	0,001178
	75	2902,851	48,33	2892,749	48,33054	0,347977	0,001108
	76	2902,839	48,33	2892,603	48,3305	0,352621	0,001043
	77	2902,828	48,33	2892,457	48,33047	0,357266	0,000982
	78	2902,816	48,33	2892,311	48,33045	0,36191	0,000924
	79	2902,805	48,33	2892,165	48,33042	0,366555	0,000869
	80	2902,794	48,33	2892,018	48,3304	0,3712	0,000818
	81	2902,782	48,33	2891,872	48,33037	0,375845	0,00077
	82	2902,771	48,33	2891,726	48,33035	0,38049	0,000725
	83	2902,759	48,33	2891,58	48,33033	0,385135	0,000682
	84	2902,748	48,33	2891,434	48,33031	0,389781	0,000642
	85	2902,737	48,33	2891,288	48,33029	0,394426	0,000604
	86	2902,725	48,33	2891,141	48,33027	0,399072	0,000568
	87	2902,714	48,33	2890,995	48,33026	0,403717	0,000535
	88	2902,703	48,33	2890,849	48,33024	0,408363	0,000503
	89	2902,691	48,33	2890,703	48,33023	0,413009	0,000474
	90	2902,68	48,33	2890,557	48,33022	0,417655	0,000446
	91	2902,668	48,33	2890,41	48,3302	0,422301	0,000419
	92	2902,657	48,33	2890,264	48,33019	0,426948	0,000395
	93	2902,646	48,33	2890,118	48,33018	0,431594	0,000371
	94	2902,634	48,33	2889,972	48,33017	0,436241	0,00035
	95	2902,623	48,33	2889,826	48,33016	0,440887	0,000329
	96	2902,611	48,33	2889,679	48,33015	0,445534	0,00031
	97	2902,6	48,33	2889,533	48,33014	0,450181	0,000291
	98	2902,589	48,33	2889,387	48,33013	0,454828	0,000274
	99	2902,577	48,33	2889,241	48,33012	0,459476	0,000258
	100	2902,566	48,33	2889,094	48,33012	0,464123	0,000243

Pada tabel H,3, divariasikan nilai temperatur injeksi CO<sub>2</sub> dengan kenaikan sebesar 1°C dari keadaan awal 30°C, Kondisi laju aliran massa dan tekanan injeksi konstan, Didapatkan rata-rata error adalah masing-masing sebesar 0,02616% dan 0,00722%,

**Tabel H, 24** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 30°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	0	2686,352	48,36699	2686,352	48,36699	1,36E-08	1,32E-13
	1	2686,341	48,36319	2686,202	48,36481	0,005191	0,003343
	2	2686,33	48,3594	2686,051	48,36275	0,010381	0,006941
	3	2686,319	48,35555	2685,901	48,36082	0,015572	0,010911
	4	2686,309	48,35213	2685,751	48,359	0,020763	0,014215
	5	2686,298	48,34895	2685,601	48,35729	0,025955	0,017248
	6	2686,287	48,34593	2685,45	48,35568	0,031146	0,020179
	7	2686,276	48,34366	2685,3	48,35417	0,036337	0,021748
	8	2686,266	48,34155	2685,15	48,35274	0,041529	0,023159
	9	2686,255	48,33965	2685	48,3514	0,046721	0,024301
	10	2686,244	48,33798	2684,85	48,35014	0,051912	0,025148
	11	2686,233	48,33687	2684,699	48,34895	0,057104	0,024994
	12	2686,222	48,3358	2684,549	48,34783	0,062297	0,024892
	13	2686,212	48,33473	2684,399	48,34678	0,067489	0,024937
	14	2686,201	48,33387	2684,249	48,34579	0,072681	0,024659
	15	2686,19	48,33325	2684,098	48,34486	0,077874	0,024014
	16	2686,179	48,33263	2683,948	48,34398	0,083066	0,023484
	17	2686,169	48,33216	2683,798	48,34316	0,088259	0,022753
	18	2686,158	48,33179	2683,648	48,34238	0,093452	0,021921
	19	2686,147	48,33145	2683,497	48,34165	0,098645	0,021106
	20	2686,136	48,3312	2683,347	48,34097	0,103838	0,020207
	21	2686,126	48,33098	2683,197	48,34032	0,109032	0,019314
	22	2686,115	48,33081	2683,047	48,33971	0,114225	0,018406
	23	2686,104	48,33068	2682,896	48,33914	0,119419	0,017498
	24	2686,093	48,33056	2682,746	48,3386	0,124613	0,016632
	25	2686,082	48,33046	2682,596	48,33809	0,129807	0,015793
	26	2686,072	48,33039	2682,445	48,33761	0,135001	0,014951
	27	2686,061	48,33032	2682,295	48,33716	0,140195	0,014166
	28	2686,05	48,33026	2682,145	48,33674	0,145389	0,013414

Tabel H, 24 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	29	2686,039	48,33021	2681,995	48,33634	0,150584	0,012692
	30	2686,029	48,33017	2681,844	48,33597	0,155779	0,011996
	31	2686,018	48,33014	2681,694	48,33562	0,160974	0,011331
	32	2686,007	48,33012	2681,544	48,33529	0,166169	0,010696
	33	2685,996	48,3301	2681,393	48,33497	0,171364	0,010091
	34	2685,986	48,33008	2681,243	48,33468	0,176559	0,009519
	35	2685,975	48,33007	2681,093	48,33441	0,181755	0,008978
	36	2685,964	48,33005	2680,943	48,33415	0,18695	0,008469
	37	2685,953	48,33004	2680,792	48,3339	0,192146	0,007983
	38	2685,942	48,33004	2680,642	48,33367	0,197342	0,007521
	39	2685,932	48,33003	2680,492	48,33345	0,202538	0,007085
	40	2685,921	48,33002	2680,341	48,33325	0,207734	0,006675
	41	2685,91	48,33002	2680,191	48,33306	0,212931	0,006287
	42	2685,899	48,33002	2680,041	48,33288	0,218127	0,005922
	43	2685,889	48,33001	2679,89	48,33271	0,223324	0,005576
	44	2685,878	48,33001	2679,74	48,33255	0,228521	0,005251
	45	2685,867	48,33001	2679,59	48,3324	0,233718	0,004944
	46	2685,856	48,33001	2679,439	48,33226	0,238915	0,004654
	47	2685,846	48,33001	2679,289	48,33212	0,244112	0,004382
	48	2685,835	48,33001	2679,139	48,332	0,24931	0,004125
	49	2685,824	48,33	2678,988	48,33188	0,254507	0,003883
	50	2685,813	48,33	2678,838	48,33177	0,259705	0,003655
	51	2685,802	48,33	2678,688	48,33167	0,264903	0,00344
	52	2685,792	48,33	2678,537	48,33157	0,270101	0,003238
	53	2685,781	48,33	2678,387	48,33147	0,2753	0,003047
	54	2685,77	48,33	2678,237	48,33139	0,280498	0,002868
	55	2685,759	48,33	2678,086	48,33131	0,285697	0,002699
	56	2685,749	48,33	2677,936	48,33123	0,290896	0,00254
	57	2685,738	48,33	2677,785	48,33116	0,296094	0,002391
	58	2685,727	48,33	2677,635	48,33109	0,301294	0,00225
	59	2685,716	48,33	2677,485	48,33102	0,306493	0,002117
	60	2685,705	48,33	2677,334	48,33096	0,311692	0,001993
	61	2685,695	48,33	2677,184	48,33091	0,316892	0,001875
	62	2685,684	48,33	2677,034	48,33085	0,322091	0,001765
	63	2685,673	48,33	2676,883	48,3308	0,327291	0,001661
	64	2685,662	48,33	2676,733	48,33076	0,332491	0,001563

Tabel H, 24 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	65	2685,652	48,33	2676,582	48,33071	0,337692	0,001471
	66	2685,641	48,33	2676,432	48,33067	0,342892	0,001384
	67	2685,63	48,33	2676,282	48,33063	0,348092	0,001302
	68	2685,619	48,33	2676,131	48,33059	0,353293	0,001226
	69	2685,609	48,33	2675,981	48,33056	0,358494	0,001153
	70	2685,598	48,33	2675,83	48,33052	0,363695	0,001085
	71	2685,587	48,33	2675,68	48,33049	0,368896	0,001021
	72	2685,576	48,33	2675,53	48,33046	0,374097	0,000961
	73	2685,565	48,33	2675,379	48,33044	0,379299	0,000904
	74	2685,555	48,33	2675,229	48,33041	0,3845	0,000851
	75	2685,544	48,33	2675,078	48,33039	0,389702	0,000801
	76	2685,533	48,33	2674,928	48,33036	0,394904	0,000754
	77	2685,522	48,33	2674,777	48,33034	0,400106	0,000709
	78	2685,512	48,33	2674,627	48,33032	0,405309	0,000667
	79	2685,501	48,33	2674,477	48,3303	0,410511	0,000628
	80	2685,49	48,33	2674,326	48,33029	0,415714	0,000591
	81	2685,479	48,33	2674,176	48,33027	0,420916	0,000556
	82	2685,468	48,33	2674,025	48,33025	0,426119	0,000523
	83	2685,458	48,33	2673,875	48,33024	0,431322	0,000492
	84	2685,447	48,33	2673,724	48,33022	0,436526	0,000463
	85	2685,436	48,33	2673,574	48,33021	0,441729	0,000436
	86	2685,425	48,33	2673,423	48,3302	0,446933	0,00041
	87	2685,415	48,33	2673,273	48,33019	0,452136	0,000386
	88	2685,404	48,33	2673,122	48,33018	0,45734	0,000363
	89	2685,393	48,33	2672,972	48,33017	0,462544	0,000342
	90	2685,382	48,33	2672,821	48,33016	0,467748	0,000322
	91	2685,372	48,33	2672,671	48,33015	0,472953	0,000303
	92	2685,361	48,33	2672,521	48,33014	0,478157	0,000285
	93	2685,35	48,33	2672,37	48,33013	0,483362	0,000268
	94	2685,339	48,33	2672,22	48,33012	0,488567	0,000252
	95	2685,328	48,33	2672,069	48,33011	0,493772	0,000237
	96	2685,318	48,33	2671,919	48,33011	0,498977	0,000223
	97	2685,307	48,33	2671,768	48,3301	0,504182	0,00021
	98	2685,296	48,33	2671,618	48,3301	0,509388	0,000198
	99	2685,285	48,33	2671,467	48,33009	0,514593	0,000186
	100	2685,275	48,33	2671,317	48,33008	0,519799	0,000175



**Tabel H, 25** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 31°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	0	2684,283	48,36684	2684,283	48,36684	1,69E-13	1,76E-13
	1	2684,272	48,36306	2684,133	48,36467	0,005197	0,00333
	2	2684,261	48,35928	2683,982	48,36263	0,010393	0,006914
	3	2684,251	48,35545	2683,832	48,3607	0,01559	0,010868
	4	2684,24	48,35204	2683,682	48,35889	0,020787	0,014159
	5	2684,229	48,34888	2683,532	48,35719	0,025984	0,01718
	6	2684,218	48,34587	2683,381	48,35558	0,031181	0,0201
	7	2684,208	48,3436	2683,231	48,35407	0,036378	0,021663
	8	2684,197	48,3415	2683,081	48,35265	0,041576	0,023069
	9	2684,186	48,33962	2682,93	48,35132	0,046773	0,024206
	10	2684,175	48,33795	2682,78	48,35006	0,051971	0,02505
	11	2684,164	48,33684	2682,63	48,34888	0,057169	0,024896
	12	2684,154	48,33578	2682,48	48,34776	0,062367	0,024795
	13	2684,143	48,33471	2682,329	48,34672	0,067565	0,024839
	14	2684,132	48,33386	2682,179	48,34573	0,072763	0,024562
	15	2684,121	48,33324	2682,029	48,3448	0,077961	0,02392
	16	2684,111	48,33262	2681,879	48,34393	0,08316	0,023392
	17	2684,1	48,33215	2681,728	48,34311	0,088359	0,022664
	18	2684,089	48,33178	2681,578	48,34233	0,093557	0,021835
	19	2684,078	48,33145	2681,428	48,34161	0,098756	0,021023
	20	2684,068	48,33119	2681,277	48,34092	0,103955	0,020128
	21	2684,057	48,33098	2681,127	48,34028	0,109155	0,019238
	22	2684,046	48,33081	2680,977	48,33967	0,114354	0,018334
	23	2684,035	48,33068	2680,826	48,3391	0,119554	0,01743
	24	2684,024	48,33056	2680,676	48,33856	0,124753	0,016566
	25	2684,014	48,33046	2680,526	48,33806	0,129953	0,015731
	26	2684,003	48,33039	2680,375	48,33758	0,135153	0,014892
	27	2683,992	48,33032	2680,225	48,33714	0,140353	0,014111
	28	2683,981	48,33026	2680,075	48,33672	0,145553	0,013361

Tabel H, 25 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	29	2683,971	48,33021	2679,924	48,33632	0,150754	0,012642
	30	2683,96	48,33017	2679,774	48,33595	0,155954	0,011949
	31	2683,949	48,33014	2679,624	48,3356	0,161155	0,011287
	32	2683,938	48,33012	2679,473	48,33527	0,166356	0,010654
	33	2683,928	48,3301	2679,323	48,33496	0,171557	0,010051
	34	2683,917	48,33008	2679,173	48,33466	0,176758	0,009482
	35	2683,906	48,33007	2679,022	48,33439	0,181959	0,008943
	36	2683,895	48,33005	2678,872	48,33413	0,187161	0,008435
	37	2683,885	48,33004	2678,722	48,33389	0,192363	0,007951
	38	2683,874	48,33004	2678,571	48,33366	0,197564	0,007491
	39	2683,863	48,33003	2678,421	48,33344	0,202766	0,007057
	40	2683,852	48,33002	2678,271	48,33324	0,207968	0,006648
	41	2683,841	48,33002	2678,12	48,33305	0,213171	0,006262
	42	2683,831	48,33002	2677,97	48,33287	0,218373	0,005899
	43	2683,82	48,33001	2677,82	48,3327	0,223576	0,005554
	44	2683,809	48,33001	2677,669	48,33254	0,228778	0,00523
	45	2683,798	48,33001	2677,519	48,33239	0,233981	0,004924
	46	2683,788	48,33001	2677,368	48,33225	0,239184	0,004636
	47	2683,777	48,33001	2677,218	48,33212	0,244388	0,004365
	48	2683,766	48,33001	2677,068	48,33199	0,249591	0,004108
	49	2683,755	48,33	2676,917	48,33187	0,254794	0,003867
	50	2683,745	48,33	2676,767	48,33176	0,259998	0,00364
	51	2683,734	48,33	2676,617	48,33166	0,265202	0,003426
	52	2683,723	48,33	2676,466	48,33156	0,270406	0,003225
	53	2683,712	48,33	2676,316	48,33147	0,27561	0,003035
	54	2683,702	48,33	2676,165	48,33138	0,280814	0,002857
	55	2683,691	48,33	2676,015	48,3313	0,286019	0,002689
	56	2683,68	48,33	2675,864	48,33122	0,291224	0,00253
	57	2683,669	48,33	2675,714	48,33115	0,296428	0,002381
	58	2683,658	48,33	2675,564	48,33108	0,301633	0,002241
	59	2683,648	48,33	2675,413	48,33102	0,306838	0,002109
	60	2683,637	48,33	2675,263	48,33096	0,312044	0,001985
	61	2683,626	48,33	2675,112	48,3309	0,317249	0,001868
	62	2683,615	48,33	2674,962	48,33085	0,322455	0,001758
	63	2683,605	48,33	2674,812	48,3308	0,32766	0,001654
	64	2683,594	48,33	2674,661	48,33075	0,332866	0,001557



Tabel H, 25 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	65	2683,583	48,33	2674,511	48,33071	0,338072	0,001465
	66	2683,572	48,33	2674,36	48,33067	0,343279	0,001379
	67	2683,562	48,33	2674,21	48,33063	0,348485	0,001297
	68	2683,551	48,33	2674,059	48,33059	0,353692	0,001221
	69	2683,54	48,33	2673,909	48,33056	0,358898	0,001149
	70	2683,529	48,33	2673,758	48,33052	0,364105	0,001081
	71	2683,519	48,33	2673,608	48,33049	0,369312	0,001017
	72	2683,508	48,33	2673,457	48,33046	0,374519	0,000957
	73	2683,497	48,33	2673,307	48,33044	0,379727	0,000901
	74	2683,486	48,33	2673,157	48,33041	0,384934	0,000848
	75	2683,475	48,33	2673,006	48,33039	0,390142	0,000798
	76	2683,465	48,33	2672,856	48,33036	0,39535	0,000751
	77	2683,454	48,33	2672,705	48,33034	0,400558	0,000706
	78	2683,443	48,33	2672,555	48,33032	0,405766	0,000665
	79	2683,432	48,33	2672,404	48,3303	0,410974	0,000626
	80	2683,422	48,33	2672,254	48,33028	0,416183	0,000589
	81	2683,411	48,33	2672,103	48,33027	0,421391	0,000554
	82	2683,4	48,33	2671,953	48,33025	0,4266	0,000521
	83	2683,389	48,33	2671,802	48,33024	0,431809	0,00049
	84	2683,379	48,33	2671,652	48,33022	0,437018	0,000462
	85	2683,368	48,33	2671,501	48,33021	0,442227	0,000434
	86	2683,357	48,33	2671,351	48,3302	0,447437	0,000409
	87	2683,346	48,33	2671,2	48,33019	0,452646	0,000385
	88	2683,335	48,33	2671,05	48,33017	0,457856	0,000362
	89	2683,325	48,33	2670,899	48,33016	0,463066	0,000341
	90	2683,314	48,33	2670,749	48,33015	0,468276	0,00032
	91	2683,303	48,33	2670,598	48,33015	0,473486	0,000302
	92	2683,292	48,33	2670,448	48,33014	0,478697	0,000284
	93	2683,282	48,33	2670,297	48,33013	0,483907	0,000267
	94	2683,271	48,33	2670,147	48,33012	0,489118	0,000251
	95	2683,26	48,33	2669,996	48,33011	0,494329	0,000236
	96	2683,249	48,33	2669,845	48,33011	0,49954	0,000223
	97	2683,239	48,33	2669,695	48,3301	0,504751	0,000209
	98	2683,228	48,33	2669,544	48,3301	0,509963	0,000197
	99	2683,217	48,33	2669,394	48,33009	0,515174	0,000185
	100	2683,206	48,33	2669,243	48,33008	0,520386	0,000174

**Tabel H, 26** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 32°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
32	0	2682,023	48,36669	2682,023	48,36669	2,37E-13	1,47E-14
	1	2682,012	48,36292	2681,872	48,36452	0,005203	0,003316
	2	2682,001	48,35916	2681,722	48,36249	0,010406	0,006884
	3	2681,99	48,35534	2681,572	48,36057	0,015609	0,010822
	4	2681,98	48,35195	2681,421	48,35877	0,020812	0,014099
	5	2681,969	48,3488	2681,271	48,35707	0,026016	0,017107
	6	2681,958	48,3458	2681,121	48,35547	0,031219	0,020013
	7	2681,947	48,34354	2680,97	48,35397	0,036423	0,02157
	8	2681,937	48,34145	2680,82	48,35256	0,041627	0,02297
	9	2681,926	48,33958	2680,67	48,35123	0,046831	0,024102
	10	2681,915	48,33792	2680,519	48,34997	0,052035	0,024942
	11	2681,904	48,33681	2680,369	48,3488	0,057239	0,024789
	12	2681,894	48,33575	2680,219	48,34769	0,062444	0,024688
	13	2681,883	48,33469	2680,069	48,34664	0,067648	0,024732
	14	2681,872	48,33384	2679,918	48,34566	0,072853	0,024456
	15	2681,861	48,33323	2679,768	48,34474	0,078058	0,023817
	16	2681,85	48,33261	2679,617	48,34387	0,083262	0,023291
	17	2681,84	48,33214	2679,467	48,34305	0,088467	0,022567
	18	2681,829	48,33177	2679,317	48,34228	0,093673	0,021741
	19	2681,818	48,33144	2679,166	48,34156	0,098878	0,020933
	20	2681,807	48,33119	2679,016	48,34088	0,104084	0,020041
	21	2681,797	48,33098	2678,866	48,34023	0,109289	0,019155
	22	2681,786	48,33081	2678,715	48,33963	0,114495	0,018255
	23	2681,775	48,33067	2678,565	48,33906	0,119701	0,017355
	24	2681,764	48,33056	2678,415	48,33853	0,124907	0,016495
	25	2681,754	48,33045	2678,264	48,33802	0,130113	0,015664
	26	2681,743	48,33038	2678,114	48,33755	0,13532	0,014828
	27	2681,732	48,33032	2677,964	48,33711	0,140526	0,01405
	28	2681,721	48,33026	2677,813	48,33669	0,145733	0,013304

Tabel H, 26 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
32	29	2681,711	48,33021	2677,663	48,33629	0,15094	0,012588
	30	2681,7	48,33017	2677,512	48,33592	0,156147	0,011897
	31	2681,689	48,33014	2677,362	48,33557	0,161354	0,011238
	32	2681,678	48,33012	2677,212	48,33524	0,166561	0,010608
	33	2681,668	48,3301	2677,061	48,33493	0,171768	0,010008
	34	2681,657	48,33008	2676,911	48,33464	0,176976	0,009441
	35	2681,646	48,33007	2676,761	48,33437	0,182184	0,008904
	36	2681,635	48,33005	2676,61	48,33411	0,187392	0,008399
	37	2681,625	48,33004	2676,46	48,33387	0,1926	0,007917
	38	2681,614	48,33004	2676,309	48,33364	0,197808	0,007459
	39	2681,603	48,33003	2676,159	48,33343	0,203016	0,007027
	40	2681,592	48,33002	2676,009	48,33322	0,208225	0,00662
	41	2681,581	48,33002	2675,858	48,33303	0,213434	0,006235
	42	2681,571	48,33002	2675,708	48,33285	0,218642	0,005874
	43	2681,56	48,33001	2675,557	48,33269	0,223851	0,00553
	44	2681,549	48,33001	2675,407	48,33253	0,229061	0,005207
	45	2681,538	48,33001	2675,256	48,33238	0,23427	0,004903
	46	2681,528	48,33001	2675,106	48,33224	0,239479	0,004616
	47	2681,517	48,33001	2674,956	48,33211	0,244689	0,004346
	48	2681,506	48,33001	2674,805	48,33198	0,249899	0,004091
	49	2681,495	48,33	2674,655	48,33187	0,255109	0,003851
	50	2681,485	48,33	2674,504	48,33176	0,260319	0,003624
	51	2681,474	48,33	2674,354	48,33165	0,265529	0,003412
	52	2681,463	48,33	2674,203	48,33155	0,270739	0,003211
	53	2681,452	48,33	2674,053	48,33146	0,27595	0,003022
	54	2681,442	48,33	2673,902	48,33138	0,281161	0,002844
	55	2681,431	48,33	2673,752	48,3313	0,286372	0,002677
	56	2681,42	48,33	2673,602	48,33122	0,291583	0,002519
	57	2681,409	48,33	2673,451	48,33115	0,296794	0,002371
	58	2681,399	48,33	2673,301	48,33108	0,302005	0,002231
	59	2681,388	48,33	2673,15	48,33102	0,307217	0,0021
	60	2681,377	48,33	2673	48,33096	0,312429	0,001976
	61	2681,366	48,33	2672,849	48,3309	0,31764	0,00186
	62	2681,356	48,33	2672,699	48,33085	0,322852	0,00175
	63	2681,345	48,33	2672,548	48,3308	0,328065	0,001647
	64	2681,334	48,33	2672,398	48,33075	0,333277	0,00155

**Tabel H, 26** (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
32	65	2681,323	48,33	2672,247	48,33071	0,338489	0,001459
	66	2681,313	48,33	2672,097	48,33066	0,343702	0,001373
	67	2681,302	48,33	2671,946	48,33062	0,348915	0,001292
	68	2681,291	48,33	2671,796	48,33059	0,354128	0,001215
	69	2681,28	48,33	2671,645	48,33055	0,359341	0,001144
	70	2681,269	48,33	2671,495	48,33052	0,364554	0,001076
	71	2681,259	48,33	2671,344	48,33049	0,369768	0,001013
	72	2681,248	48,33	2671,194	48,33046	0,374981	0,000953
	73	2681,237	48,33	2671,043	48,33043	0,380195	0,000897
	74	2681,226	48,33	2670,893	48,33041	0,385409	0,000844
	75	2681,216	48,33	2670,742	48,33038	0,390623	0,000794
	76	2681,205	48,33	2670,592	48,33036	0,395837	0,000747
	77	2681,194	48,33	2670,441	48,33034	0,401052	0,000703
	78	2681,183	48,33	2670,291	48,33032	0,406266	0,000662
	79	2681,173	48,33	2670,14	48,3303	0,411481	0,000623
	80	2681,162	48,33	2669,99	48,33028	0,416696	0,000586
	81	2681,151	48,33	2669,839	48,33027	0,421911	0,000551
	82	2681,14	48,33	2669,688	48,33025	0,427126	0,000519
	83	2681,13	48,33	2669,538	48,33024	0,432342	0,000488
	84	2681,119	48,33	2669,387	48,33022	0,437557	0,00046
	85	2681,108	48,33	2669,237	48,33021	0,442773	0,000432
	86	2681,097	48,33	2669,086	48,3302	0,447989	0,000407
	87	2681,087	48,33	2668,936	48,33019	0,453205	0,000383
	88	2681,076	48,33	2668,785	48,33017	0,458421	0,00036
	89	2681,065	48,33	2668,635	48,33016	0,463638	0,000339
	90	2681,054	48,33	2668,484	48,33015	0,468854	0,000319
	91	2681,044	48,33	2668,333	48,33015	0,474071	0,0003
	92	2681,033	48,33	2668,183	48,33014	0,479288	0,000283
	93	2681,022	48,33	2668,032	48,33013	0,484505	0,000266
	94	2681,011	48,33	2667,882	48,33012	0,489722	0,00025
	95	2681	48,33	2667,731	48,33011	0,494939	0,000235
	96	2680,99	48,33	2667,581	48,33011	0,500157	0,000222
	97	2680,979	48,33	2667,43	48,3301	0,505374	0,000208
	98	2680,968	48,33	2667,279	48,33009	0,510592	0,000196
	99	2680,957	48,33	2667,129	48,33009	0,51581	0,000185
	100	2680,947	48,33	2666,978	48,33008	0,521028	0,000174

**Tabel H, 27** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 33°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
33	0	2679,587	48,36652	2679,587	48,36652	1,7E-13	2,79E-13
	1	2679,576	48,36277	2679,436	48,36436	0,00521	0,003301
	2	2679,565	48,35902	2679,286	48,36233	0,01042	0,006852
	3	2679,554	48,35522	2679,136	48,36043	0,01563	0,010771
	4	2679,544	48,35185	2678,985	48,35863	0,02084	0,014033
	5	2679,533	48,34871	2678,835	48,35694	0,02605	0,017027
	6	2679,522	48,34572	2678,684	48,35535	0,031261	0,01992
	7	2679,511	48,34348	2678,534	48,35386	0,036472	0,021469
	8	2679,501	48,3414	2678,384	48,35245	0,041682	0,022863
	9	2679,49	48,33953	2678,233	48,35113	0,046893	0,023989
	10	2679,479	48,33788	2678,083	48,34988	0,052104	0,024826
	11	2679,468	48,33678	2677,933	48,34871	0,057315	0,024673
	12	2679,458	48,33573	2677,782	48,3476	0,062527	0,024573
	13	2679,447	48,33467	2677,632	48,34657	0,067738	0,024617
	14	2679,436	48,33382	2677,481	48,34559	0,07295	0,024342
	15	2679,425	48,33321	2677,331	48,34467	0,078161	0,023706
	16	2679,415	48,3326	2677,181	48,3438	0,083373	0,023182
	17	2679,404	48,33213	2677,03	48,34299	0,088585	0,022461
	18	2679,393	48,33177	2676,88	48,34222	0,093797	0,021639
	19	2679,382	48,33143	2676,729	48,3415	0,099009	0,020835
	20	2679,372	48,33118	2676,579	48,34082	0,104222	0,019948
	21	2679,361	48,33097	2676,429	48,34019	0,109434	0,019066
	22	2679,35	48,3308	2676,278	48,33958	0,114647	0,01817
	23	2679,339	48,33067	2676,128	48,33902	0,11986	0,017273
	24	2679,329	48,33055	2675,977	48,33849	0,125073	0,016418
	25	2679,318	48,33045	2675,827	48,33799	0,130286	0,01559
	26	2679,307	48,33038	2675,677	48,33752	0,135499	0,014758
	27	2679,296	48,33031	2675,526	48,33707	0,140713	0,013984
	28	2679,286	48,33026	2675,376	48,33666	0,145927	0,013241

Tabel H, 27 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
33	29	2679,275	48,33021	2675,225	48,33626	0,15114	0,012529
	30	2679,264	48,33017	2675,075	48,33589	0,156354	0,011842
	31	2679,253	48,33014	2674,924	48,33555	0,161568	0,011185
	32	2679,243	48,33012	2674,774	48,33522	0,166782	0,010558
	33	2679,232	48,3301	2674,624	48,33491	0,171997	0,009961
	34	2679,221	48,33008	2674,473	48,33462	0,177211	0,009397
	35	2679,21	48,33007	2674,323	48,33435	0,182426	0,008862
	36	2679,2	48,33005	2674,172	48,33409	0,187641	0,00836
	37	2679,189	48,33004	2674,022	48,33385	0,192856	0,00788
	38	2679,178	48,33004	2673,871	48,33362	0,198071	0,007424
	39	2679,167	48,33003	2673,721	48,33341	0,203286	0,006994
	40	2679,157	48,33002	2673,57	48,33321	0,208502	0,006588
	41	2679,146	48,33002	2673,42	48,33302	0,213717	0,006206
	42	2679,135	48,33002	2673,27	48,33284	0,218933	0,005846
	43	2679,124	48,33001	2673,119	48,33267	0,224149	0,005504
	44	2679,114	48,33001	2672,969	48,33252	0,229365	0,005183
	45	2679,103	48,33001	2672,818	48,33237	0,234581	0,00488
	46	2679,092	48,33001	2672,668	48,33223	0,239798	0,004594
	47	2679,081	48,33001	2672,517	48,3321	0,245014	0,004325
	48	2679,071	48,33001	2672,367	48,33197	0,250231	0,004071
	49	2679,06	48,33	2672,216	48,33186	0,255448	0,003832
	50	2679,049	48,33	2672,066	48,33175	0,260665	0,003607
	51	2679,038	48,33	2671,915	48,33164	0,265882	0,003396
	52	2679,028	48,33	2671,765	48,33155	0,2711	0,003196
	53	2679,017	48,33	2671,614	48,33146	0,276317	0,003008
	54	2679,006	48,33	2671,464	48,33137	0,281535	0,002831
	55	2678,995	48,33	2671,313	48,33129	0,286753	0,002664
	56	2678,984	48,33	2671,163	48,33121	0,291971	0,002508
	57	2678,974	48,33	2671,012	48,33114	0,297189	0,00236
	58	2678,963	48,33	2670,862	48,33107	0,302407	0,002221
	59	2678,952	48,33	2670,711	48,33101	0,307626	0,00209
	60	2678,941	48,33	2670,561	48,33095	0,312844	0,001967
	61	2678,931	48,33	2670,41	48,33089	0,318063	0,001851
	62	2678,92	48,33	2670,26	48,33084	0,323282	0,001742
	63	2678,909	48,33	2670,109	48,33079	0,328501	0,001639
	64	2678,898	48,33	2669,958	48,33075	0,33372	0,001543



Tabel H, 27 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
33	65	2678,888	48,33	2669,808	48,3307	0,33894	0,001452
	66	2678,877	48,33	2669,657	48,33066	0,344159	0,001366
	67	2678,866	48,33	2669,507	48,33062	0,349379	0,001286
	68	2678,855	48,33	2669,356	48,33058	0,354599	0,00121
	69	2678,845	48,33	2669,206	48,33055	0,359819	0,001138
	70	2678,834	48,33	2669,055	48,33052	0,365039	0,001071
	71	2678,823	48,33	2668,905	48,33049	0,37026	0,001008
	72	2678,812	48,33	2668,754	48,33046	0,37548	0,000949
	73	2678,802	48,33	2668,603	48,33043	0,380701	0,000893
	74	2678,791	48,33	2668,453	48,33041	0,385922	0,00084
	75	2678,78	48,33	2668,302	48,33038	0,391143	0,000791
	76	2678,769	48,33	2668,152	48,33036	0,396364	0,000744
	77	2678,759	48,33	2668,001	48,33034	0,401586	0,0007
	78	2678,748	48,33	2667,851	48,33032	0,406807	0,000659
	79	2678,737	48,33	2667,7	48,3303	0,412029	0,00062
	80	2678,726	48,33	2667,549	48,33028	0,417251	0,000583
	81	2678,716	48,33	2667,399	48,33027	0,422473	0,000549
	82	2678,705	48,33	2667,248	48,33025	0,427695	0,000517
	83	2678,694	48,33	2667,098	48,33023	0,432917	0,000486
	84	2678,683	48,33	2666,947	48,33022	0,43814	0,000457
	85	2678,673	48,33	2666,796	48,33021	0,443363	0,00043
	86	2678,662	48,33	2666,646	48,3302	0,448585	0,000405
	87	2678,651	48,33	2666,495	48,33018	0,453808	0,000381
	88	2678,64	48,33	2666,345	48,33017	0,459032	0,000359
	89	2678,63	48,33	2666,194	48,33016	0,464255	0,000337
	90	2678,619	48,33	2666,043	48,33015	0,469478	0,000318
	91	2678,608	48,33	2665,893	48,33014	0,474702	0,000299
	92	2678,597	48,33	2665,742	48,33014	0,479926	0,000281
	93	2678,587	48,33	2665,591	48,33013	0,48515	0,000265
	94	2678,576	48,33	2665,441	48,33012	0,490374	0,000249
	95	2678,565	48,33	2665,29	48,33011	0,495598	0,000234
	96	2678,554	48,33	2665,14	48,33011	0,500823	0,000221
	97	2678,544	48,33	2664,989	48,3301	0,506047	0,000208
	98	2678,533	48,33	2664,838	48,33009	0,511272	0,000195
	99	2678,522	48,33	2664,688	48,33009	0,516497	0,000184
	100	2678,511	48,33	2664,537	48,33008	0,521722	0,000173

**Tabel H, 28** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 34°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
34	0	2676,986	48,36633	2676,986	48,36633	1,17E-08	9,98E-09
	1	2676,975	48,3626	2676,835	48,36419	0,005217	0,003284
	2	2676,964	48,35888	2676,685	48,36217	0,010435	0,006818
	3	2676,953	48,35509	2676,534	48,36027	0,015652	0,010718
	4	2676,943	48,35174	2676,384	48,35849	0,02087	0,013963
	5	2676,932	48,34862	2676,234	48,35681	0,026087	0,016942
	6	2676,921	48,34564	2676,083	48,35523	0,031305	0,01982
	7	2676,91	48,34341	2675,933	48,35374	0,036523	0,021362
	8	2676,9	48,34134	2675,782	48,35234	0,041742	0,022748
	9	2676,889	48,33948	2675,632	48,35102	0,04696	0,023869
	10	2676,878	48,33784	2675,481	48,34978	0,052178	0,024701
	11	2676,867	48,33675	2675,331	48,34861	0,057397	0,024549
	12	2676,857	48,3357	2675,181	48,34752	0,062615	0,02445
	13	2676,846	48,33464	2675,03	48,34648	0,067834	0,024493
	14	2676,835	48,3338	2674,88	48,34551	0,073053	0,02422
	15	2676,824	48,3332	2674,729	48,3446	0,078272	0,023587
	16	2676,814	48,33259	2674,579	48,34373	0,083492	0,023066
	17	2676,803	48,33212	2674,428	48,34292	0,088711	0,022349
	18	2676,792	48,33176	2674,278	48,34216	0,09393	0,021531
	19	2676,782	48,33143	2674,127	48,34144	0,09915	0,020731
	20	2676,771	48,33118	2673,977	48,34077	0,10437	0,019847
	21	2676,76	48,33097	2673,827	48,34013	0,10959	0,01897
	22	2676,749	48,3308	2673,676	48,33954	0,11481	0,018078
	23	2676,739	48,33067	2673,526	48,33897	0,12003	0,017187
	24	2676,728	48,33055	2673,375	48,33844	0,125251	0,016335
	25	2676,717	48,33045	2673,225	48,33795	0,130471	0,015512
	26	2676,706	48,33038	2673,074	48,33748	0,135692	0,014684
	27	2676,696	48,33031	2672,924	48,33704	0,140913	0,013914
	28	2676,685	48,33025	2672,773	48,33662	0,146134	0,013175



Tabel H, 28 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
34	29	2676,674	48,33021	2672,623	48,33623	0,151355	0,012466
	30	2676,663	48,33017	2672,472	48,33586	0,156576	0,011782
	31	2676,653	48,33014	2672,322	48,33552	0,161798	0,011129
	32	2676,642	48,33012	2672,171	48,33519	0,16702	0,010505
	33	2676,631	48,3301	2672,021	48,33489	0,172241	0,009911
	34	2676,62	48,33008	2671,87	48,3346	0,177463	0,009349
	35	2676,61	48,33007	2671,72	48,33433	0,182685	0,008818
	36	2676,599	48,33005	2671,569	48,33407	0,187908	0,008318
	37	2676,588	48,33004	2671,419	48,33383	0,19313	0,00784
	38	2676,577	48,33004	2671,268	48,33361	0,198353	0,007387
	39	2676,567	48,33003	2671,118	48,33339	0,203575	0,006958
	40	2676,556	48,33002	2670,967	48,33319	0,208798	0,006555
	41	2676,545	48,33002	2670,817	48,333	0,214021	0,006175
	42	2676,534	48,33002	2670,666	48,33283	0,219244	0,005817
	43	2676,524	48,33001	2670,516	48,33266	0,224468	0,005477
	44	2676,513	48,33001	2670,365	48,3325	0,229691	0,005157
	45	2676,502	48,33001	2670,215	48,33236	0,234915	0,004855
	46	2676,491	48,33001	2670,064	48,33222	0,240139	0,004571
	47	2676,481	48,33001	2669,914	48,33209	0,245363	0,004303
	48	2676,47	48,33001	2669,763	48,33196	0,250587	0,004051
	49	2676,459	48,33	2669,612	48,33185	0,255811	0,003813
	50	2676,448	48,33	2669,462	48,33174	0,261036	0,003589
	51	2676,438	48,33	2669,311	48,33164	0,26626	0,003378
	52	2676,427	48,33	2669,161	48,33154	0,271485	0,00318
	53	2676,416	48,33	2669,01	48,33145	0,27671	0,002993
	54	2676,405	48,33	2668,86	48,33136	0,281935	0,002817
	55	2676,395	48,33	2668,709	48,33128	0,28716	0,002651
	56	2676,384	48,33	2668,559	48,33121	0,292386	0,002495
	57	2676,373	48,33	2668,408	48,33114	0,297611	0,002348
	58	2676,362	48,33	2668,257	48,33107	0,302837	0,00221
	59	2676,352	48,33	2668,107	48,33101	0,308063	0,002079
	60	2676,341	48,33	2667,956	48,33095	0,313289	0,001957
	61	2676,33	48,33	2667,806	48,33089	0,318515	0,001842
	62	2676,319	48,33	2667,655	48,33084	0,323742	0,001733
	63	2676,309	48,33	2667,505	48,33079	0,328968	0,001631
	64	2676,298	48,33	2667,354	48,33074	0,334195	0,001535
	65	2676,287	48,33	2667,203	48,3307	0,339422	0,001444

**Tabel H, 28** (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
34	66	2676,276	48,33	2667,053	48,33066	0,344649	0,001359
	67	2676,266	48,33	2666,902	48,33062	0,349876	0,001279
	68	2676,255	48,33	2666,752	48,33058	0,355104	0,001204
	69	2676,244	48,33	2666,601	48,33055	0,360331	0,001133
	70	2676,234	48,33	2666,45	48,33052	0,365559	0,001066
	71	2676,223	48,33	2666,3	48,33048	0,370787	0,001003
	72	2676,212	48,33	2666,149	48,33046	0,376015	0,000944
	73	2676,201	48,33	2665,998	48,33043	0,381243	0,000888
	74	2676,191	48,33	2665,848	48,3304	0,386471	0,000836
	75	2676,18	48,33	2665,697	48,33038	0,3917	0,000787
	76	2676,169	48,33	2665,547	48,33036	0,396928	0,00074
	77	2676,158	48,33	2665,396	48,33034	0,402157	0,000696
	78	2676,148	48,33	2665,245	48,33032	0,407386	0,000655
	79	2676,137	48,33	2665,095	48,3303	0,412615	0,000617
	80	2676,126	48,33	2664,944	48,33028	0,417844	0,00058
	81	2676,115	48,33	2664,793	48,33026	0,423074	0,000546
	82	2676,105	48,33	2664,643	48,33025	0,428304	0,000514
	83	2676,094	48,33	2664,492	48,33023	0,433533	0,000484
	84	2676,083	48,33	2664,341	48,33022	0,438763	0,000455
	85	2676,072	48,33	2664,191	48,33021	0,443993	0,000428
	86	2676,062	48,33	2664,04	48,33019	0,449224	0,000403
	87	2676,051	48,33	2663,889	48,33018	0,454454	0,000379
	88	2676,04	48,33	2663,739	48,33017	0,459685	0,000357
	89	2676,029	48,33	2663,588	48,33016	0,464915	0,000336
	90	2676,019	48,33	2663,437	48,33015	0,470146	0,000316
	91	2676,008	48,33	2663,287	48,33014	0,475377	0,000297
	92	2675,997	48,33	2663,136	48,33014	0,480609	0,00028
	93	2675,986	48,33	2662,985	48,33013	0,48584	0,000263
	94	2675,976	48,33	2662,835	48,33012	0,491072	0,000248
	95	2675,965	48,33	2662,684	48,33011	0,496303	0,000233
	96	2675,954	48,33	2662,533	48,33011	0,501535	0,000219
	97	2675,943	48,33	2662,383	48,3301	0,506767	0,000206
	98	2675,933	48,33	2662,232	48,33009	0,512	0,000194
	99	2675,922	48,33	2662,081	48,33009	0,517232	0,000183
	100	2675,911	48,33	2661,93	48,33008	0,522465	0,000172

**Tabel H, 29** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 35°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
35	0	2674,227	48,36614	2674,227	48,36614	1,32E-08	5,59E-09
	1	2674,216	48,36243	2674,076	48,36401	0,005225	0,003267
	2	2674,205	48,35872	2673,926	48,362	0,01045	0,006781
	3	2674,195	48,35496	2673,775	48,36011	0,015676	0,01066
	4	2674,184	48,35162	2673,625	48,35834	0,020901	0,013888
	5	2674,173	48,34852	2673,474	48,35667	0,026127	0,016851
	6	2674,162	48,34556	2673,324	48,35509	0,031353	0,019714
	7	2674,152	48,34334	2673,174	48,35361	0,036579	0,021248
	8	2674,141	48,34128	2673,023	48,35222	0,041805	0,022626
	9	2674,13	48,33943	2672,873	48,35091	0,047031	0,023741
	10	2674,119	48,3378	2672,722	48,34968	0,052257	0,024569
	11	2674,109	48,33671	2672,572	48,34851	0,057483	0,024418
	12	2674,098	48,33567	2672,421	48,34742	0,06271	0,024319
	13	2674,087	48,33462	2672,271	48,34639	0,067937	0,024362
	14	2674,077	48,33378	2672,12	48,34543	0,073163	0,024091
	15	2674,066	48,33318	2671,97	48,34452	0,07839	0,023461
	16	2674,055	48,33257	2671,819	48,34366	0,083618	0,022942
	17	2674,044	48,33211	2671,669	48,34286	0,088845	0,022229
	18	2674,034	48,33175	2671,518	48,3421	0,094072	0,021415
	19	2674,023	48,33142	2671,368	48,34138	0,0993	0,020619
	20	2674,012	48,33117	2671,217	48,34071	0,104528	0,019741
	21	2674,001	48,33096	2671,066	48,34008	0,109755	0,018868
	22	2673,991	48,3308	2670,916	48,33949	0,114983	0,017981
	23	2673,98	48,33066	2670,765	48,33893	0,120212	0,017094
	24	2673,969	48,33055	2670,615	48,3384	0,12544	0,016248
	25	2673,958	48,33045	2670,464	48,3379	0,130668	0,015429
	26	2673,948	48,33038	2670,314	48,33744	0,135897	0,014605
	27	2673,937	48,33031	2670,163	48,337	0,141126	0,013839

Tabel H, 29 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
35	28	2673,926	48,33025	2670,013	48,33659	0,146355	0,013104
	29	2673,915	48,33021	2669,862	48,3362	0,151584	0,012399
	30	2673,905	48,33017	2669,712	48,33583	0,156813	0,011719
	31	2673,894	48,33014	2669,561	48,33549	0,162042	0,011069
	32	2673,883	48,33011	2669,411	48,33516	0,167272	0,010449
	33	2673,873	48,3301	2669,26	48,33486	0,172501	0,009858
	34	2673,862	48,33008	2669,109	48,33457	0,177731	0,009299
	35	2673,851	48,33006	2668,959	48,3343	0,182961	0,00877
	36	2673,84	48,33005	2668,808	48,33405	0,188191	0,008273
	37	2673,83	48,33004	2668,658	48,33381	0,193422	0,007798
	38	2673,819	48,33004	2668,507	48,33359	0,198652	0,007347
	39	2673,808	48,33003	2668,357	48,33337	0,203883	0,006921
	40	2673,797	48,33002	2668,206	48,33318	0,209114	0,00652
	41	2673,787	48,33002	2668,056	48,33299	0,214344	0,006141
	42	2673,776	48,33002	2667,905	48,33281	0,219576	0,005785
	43	2673,765	48,33001	2667,754	48,33265	0,224807	0,005447
	44	2673,754	48,33001	2667,604	48,33249	0,230038	0,005129
	45	2673,744	48,33001	2667,453	48,33234	0,23527	0,004829
	46	2673,733	48,33001	2667,303	48,3322	0,240501	0,004546
	47	2673,722	48,33001	2667,152	48,33207	0,245733	0,00428
	48	2673,711	48,33001	2667,001	48,33195	0,250965	0,004029
	49	2673,701	48,33	2666,851	48,33184	0,256198	0,003793
	50	2673,69	48,33	2666,7	48,33173	0,26143	0,00357
	51	2673,679	48,33	2666,55	48,33163	0,266663	0,00336
	52	2673,669	48,33	2666,399	48,33153	0,271895	0,003163
	53	2673,658	48,33	2666,248	48,33144	0,277128	0,002977
	54	2673,647	48,33	2666,098	48,33136	0,282361	0,002801
	55	2673,636	48,33	2665,947	48,33128	0,287594	0,002637
	56	2673,626	48,33	2665,796	48,3312	0,292828	0,002481
	57	2673,615	48,33	2665,646	48,33113	0,298061	0,002335
	58	2673,604	48,33	2665,495	48,33106	0,303295	0,002198
	59	2673,593	48,33	2665,345	48,331	0,308528	0,002068
	60	2673,583	48,33	2665,194	48,33094	0,313762	0,001946
	61	2673,572	48,33	2665,043	48,33089	0,318997	0,001832
	62	2673,561	48,33	2664,893	48,33083	0,324231	0,001724
	63	2673,55	48,33	2664,742	48,33078	0,329465	0,001622
	64	2673,54	48,33	2664,591	48,33074	0,3347	0,001527
	65	2673,529	48,33	2664,441	48,33069	0,339935	0,001437

Tabel H, 29 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
35	66	2673,518	48,33	2664,29	48,33065	0,34517	0,001352
	67	2673,507	48,33	2664,139	48,33061	0,350405	0,001272
	68	2673,497	48,33	2663,989	48,33058	0,35564	0,001197
	69	2673,486	48,33	2663,838	48,33054	0,360875	0,001127
	70	2673,475	48,33	2663,687	48,33051	0,366111	0,00106
	71	2673,464	48,33	2663,537	48,33048	0,371347	0,000998
	72	2673,454	48,33	2663,386	48,33045	0,376583	0,000939
	73	2673,443	48,33	2663,235	48,33043	0,381819	0,000883
	74	2673,432	48,33	2663,085	48,3304	0,387055	0,000831
	75	2673,422	48,33	2662,934	48,33038	0,392291	0,000782
	76	2673,411	48,33	2662,783	48,33036	0,397528	0,000736
	77	2673,4	48,33	2662,633	48,33033	0,402765	0,000693
	78	2673,389	48,33	2662,482	48,33032	0,408002	0,000652
	79	2673,379	48,33	2662,331	48,3303	0,413239	0,000613
	80	2673,368	48,33	2662,18	48,33028	0,418476	0,000577
	81	2673,357	48,33	2662,03	48,33026	0,423713	0,000543
	82	2673,346	48,33	2661,879	48,33025	0,428951	0,000511
	83	2673,336	48,33	2661,728	48,33023	0,434188	0,000481
	84	2673,325	48,33	2661,578	48,33022	0,439426	0,000453
	85	2673,314	48,33	2661,427	48,33021	0,444664	0,000426
	86	2673,303	48,33	2661,276	48,33019	0,449903	0,000401
	87	2673,293	48,33	2661,125	48,33018	0,455141	0,000377
	88	2673,282	48,33	2660,975	48,33017	0,460379	0,000355
	89	2673,271	48,33	2660,824	48,33016	0,465618	0,000334
	90	2673,26	48,33	2660,673	48,33015	0,470857	0,000314
	91	2673,25	48,33	2660,522	48,33014	0,476096	0,000296
	92	2673,239	48,33	2660,372	48,33013	0,481335	0,000278
	93	2673,228	48,33	2660,221	48,33013	0,486574	0,000262
	94	2673,218	48,33	2660,07	48,33012	0,491814	0,000246
	95	2673,207	48,33	2659,92	48,33011	0,497054	0,000232
	96	2673,196	48,33	2659,769	48,33011	0,502293	0,000218
	97	2673,185	48,33	2659,618	48,3301	0,507533	0,000205
	98	2673,175	48,33	2659,467	48,33009	0,512774	0,000193
	99	2673,164	48,33	2659,316	48,33009	0,518014	0,000182
	100	2673,153	48,33	2659,166	48,33008	0,523254	0,000171

**Tabel H, 30** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 36°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
36	0	2671,315	48,36593	2671,315	48,36593	1,77E-08	9,36E-09
	1	2671,304	48,36224	2671,164	48,36381	0,005233	0,003248
	2	2671,293	48,35856	2671,013	48,36182	0,010467	0,006743
	3	2671,282	48,35482	2670,863	48,35994	0,015701	0,0106
	4	2671,272	48,3515	2670,712	48,35818	0,020935	0,013809
	5	2671,261	48,34841	2670,562	48,35651	0,026169	0,016756
	6	2671,25	48,34547	2670,411	48,35495	0,031403	0,019602
	7	2671,239	48,34326	2670,261	48,35348	0,036637	0,021127
	8	2671,229	48,34122	2670,11	48,35209	0,041871	0,022498
	9	2671,218	48,33938	2669,96	48,35079	0,047106	0,023606
	10	2671,207	48,33775	2669,809	48,34956	0,05234	0,024429
	11	2671,197	48,33667	2669,659	48,34841	0,057575	0,024279
	12	2671,186	48,33564	2669,508	48,34732	0,06281	0,02418
	13	2671,175	48,33459	2669,357	48,3463	0,068045	0,024223
	14	2671,164	48,33376	2669,207	48,34534	0,07328	0,023953
	15	2671,154	48,33316	2669,056	48,34443	0,078516	0,023327
	16	2671,143	48,33256	2668,906	48,34358	0,083751	0,022811
	17	2671,132	48,3321	2668,755	48,34278	0,088987	0,022102
	18	2671,121	48,33174	2668,605	48,34203	0,094222	0,021293
	19	2671,111	48,33141	2668,454	48,34132	0,099458	0,020502
	20	2671,1	48,33116	2668,303	48,34065	0,104694	0,019628
	21	2671,089	48,33096	2668,153	48,34002	0,10993	0,018761
	22	2671,078	48,33079	2668,002	48,33943	0,115167	0,017879
	23	2671,068	48,33066	2667,852	48,33888	0,120403	0,016997
	24	2671,057	48,33054	2667,701	48,33835	0,12564	0,016155
	25	2671,046	48,33044	2667,551	48,33786	0,130877	0,015341
	26	2671,036	48,33038	2667,4	48,3374	0,136114	0,014522
	27	2671,025	48,33031	2667,249	48,33696	0,141351	0,01376



Tabel H, 30 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
36	28	2671,014	48,33025	2667,099	48,33655	0,146588	0,013029
	29	2671,003	48,3302	2666,948	48,33616	0,151825	0,012328
	30	2670,993	48,33017	2666,798	48,3358	0,157063	0,011652
	31	2670,982	48,33014	2666,647	48,33546	0,162301	0,011006
	32	2670,971	48,33011	2666,496	48,33513	0,167539	0,010389
	33	2670,96	48,3301	2666,346	48,33483	0,172777	0,009801
	34	2670,95	48,33008	2666,195	48,33455	0,178015	0,009246
	35	2670,939	48,33006	2666,044	48,33428	0,183253	0,00872
	36	2670,928	48,33005	2665,894	48,33403	0,188492	0,008225
	37	2670,918	48,33004	2665,743	48,33379	0,19373	0,007753
	38	2670,907	48,33003	2665,593	48,33357	0,198969	0,007305
	39	2670,896	48,33003	2665,442	48,33335	0,204208	0,006881
	40	2670,885	48,33002	2665,291	48,33316	0,209447	0,006483
	41	2670,875	48,33002	2665,141	48,33297	0,214687	0,006106
	42	2670,864	48,33002	2664,99	48,3328	0,219926	0,005752
	43	2670,853	48,33001	2664,839	48,33263	0,225166	0,005416
	44	2670,842	48,33001	2664,689	48,33248	0,230405	0,0051
	45	2670,832	48,33001	2664,538	48,33233	0,235645	0,004801
	46	2670,821	48,33001	2664,387	48,33219	0,240885	0,00452
	47	2670,81	48,33001	2664,237	48,33206	0,246126	0,004256
	48	2670,8	48,33001	2664,086	48,33194	0,251366	0,004006
	49	2670,789	48,33	2663,935	48,33183	0,256607	0,003771
	50	2670,778	48,33	2663,785	48,33172	0,261847	0,003549
	51	2670,767	48,33	2663,634	48,33162	0,267088	0,003341
	52	2670,757	48,33	2663,483	48,33152	0,272329	0,003145
	53	2670,746	48,33	2663,333	48,33143	0,27757	0,00296
	54	2670,735	48,33	2663,182	48,33135	0,282812	0,002785
	55	2670,724	48,33	2663,031	48,33127	0,288053	0,002621
	56	2670,714	48,33	2662,881	48,33119	0,293295	0,002467
	57	2670,703	48,33	2662,73	48,33112	0,298537	0,002322
	58	2670,692	48,33	2662,579	48,33106	0,303779	0,002185
	59	2670,682	48,33	2662,429	48,33099	0,309021	0,002056
	60	2670,671	48,33	2662,278	48,33094	0,314263	0,001935
	61	2670,66	48,33	2662,127	48,33088	0,319506	0,001821
	62	2670,649	48,33	2661,976	48,33083	0,324749	0,001714
	63	2670,639	48,33	2661,826	48,33078	0,329991	0,001613
	64	2670,628	48,33	2661,675	48,33073	0,335234	0,001518
	65	2670,617	48,33	2661,524	48,33069	0,340477	0,001428

Tabel H, 30 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
36	66	2670,606	48,33	2661,374	48,33065	0,345721	0,001344
	67	2670,596	48,33	2661,223	48,33061	0,350964	0,001265
	68	2670,585	48,33	2661,072	48,33058	0,356208	0,00119
	69	2670,574	48,33	2660,921	48,33054	0,361452	0,00112
	70	2670,563	48,33	2660,771	48,33051	0,366696	0,001054
	71	2670,553	48,33	2660,62	48,33048	0,37194	0,000992
	72	2670,542	48,33	2660,469	48,33045	0,377184	0,000933
	73	2670,531	48,33	2660,318	48,33042	0,382429	0,000878
	74	2670,521	48,33	2660,168	48,3304	0,387673	0,000826
	75	2670,51	48,33	2660,017	48,33038	0,392918	0,000778
	76	2670,499	48,33	2659,866	48,33035	0,398163	0,000732
	77	2670,488	48,33	2659,715	48,33033	0,403408	0,000689
	78	2670,478	48,33	2659,565	48,33031	0,408653	0,000648
	79	2670,467	48,33	2659,414	48,33029	0,413899	0,00061
	80	2670,456	48,33	2659,263	48,33028	0,419144	0,000574
	81	2670,445	48,33	2659,112	48,33026	0,42439	0,00054
	82	2670,435	48,33	2658,962	48,33025	0,429636	0,000508
	83	2670,424	48,33	2658,811	48,33023	0,434882	0,000478
	84	2670,413	48,33	2658,66	48,33022	0,440128	0,00045
	85	2670,403	48,33	2658,509	48,3302	0,445375	0,000423
	86	2670,392	48,33	2658,358	48,33019	0,450621	0,000398
	87	2670,381	48,33	2658,208	48,33018	0,455868	0,000375
	88	2670,37	48,33	2658,057	48,33017	0,461115	0,000353
	89	2670,36	48,33	2657,906	48,33016	0,466362	0,000332
	90	2670,349	48,33	2657,755	48,33015	0,471609	0,000312
	91	2670,338	48,33	2657,604	48,33014	0,476856	0,000294
	92	2670,327	48,33	2657,454	48,33013	0,482104	0,000277
	93	2670,317	48,33	2657,303	48,33013	0,487352	0,00026
	94	2670,306	48,33	2657,152	48,33012	0,4926	0,000245
	95	2670,295	48,33	2657,001	48,33011	0,497848	0,000231
	96	2670,285	48,33	2656,85	48,3301	0,503096	0,000217
	97	2670,274	48,33	2656,7	48,3301	0,508344	0,000204
	98	2670,263	48,33	2656,549	48,33009	0,513593	0,000192
	99	2670,252	48,33	2656,398	48,33009	0,518841	0,000181
	100	2670,242	48,33	2656,247	48,33008	0,52409	0,00017



**Tabel H, 31** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 37°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
37	0	2668,251	48,36572	2668,251	48,36572	7,83E-09	6,29E-09
	1	2668,24	48,36205	2668,101	48,36361	0,005242	0,003229
	2	2668,23	48,35839	2667,95	48,36163	0,010485	0,006702
	3	2668,219	48,35467	2667,799	48,35976	0,015727	0,010536
	4	2668,208	48,35137	2667,649	48,35801	0,02097	0,013726
	5	2668,198	48,3483	2667,498	48,35635	0,026212	0,016655
	6	2668,187	48,34538	2667,348	48,3548	0,031455	0,019484
	7	2668,176	48,34318	2667,197	48,35334	0,036698	0,020999
	8	2668,165	48,34115	2667,046	48,35196	0,041942	0,022362
	9	2668,155	48,33932	2666,896	48,35066	0,047185	0,023464
	10	2668,144	48,33771	2666,745	48,34944	0,052428	0,024281
	11	2668,133	48,33663	2666,594	48,3483	0,057672	0,024132
	12	2668,122	48,3356	2666,444	48,34722	0,062915	0,024034
	13	2668,112	48,33457	2666,293	48,3462	0,068159	0,024077
	14	2668,101	48,33374	2666,143	48,34525	0,073403	0,023809
	15	2668,09	48,33314	2665,992	48,34435	0,078647	0,023186
	16	2668,08	48,33254	2665,841	48,3435	0,083892	0,022674
	17	2668,069	48,33209	2665,691	48,3427	0,089136	0,021968
	18	2668,058	48,33173	2665,54	48,34196	0,094381	0,021165
	19	2668,047	48,3314	2665,389	48,34125	0,099625	0,020378
	20	2668,037	48,33116	2665,239	48,34059	0,10487	0,01951
	21	2668,026	48,33095	2665,088	48,33996	0,110115	0,018647
	22	2668,015	48,33079	2664,937	48,33937	0,11536	0,017771
	23	2668,005	48,33066	2664,787	48,33882	0,120606	0,016894
	24	2667,994	48,33054	2664,636	48,3383	0,125851	0,016057
	25	2667,983	48,33044	2664,485	48,33781	0,131097	0,015248
	26	2667,972	48,33037	2664,335	48,33735	0,136342	0,014434
	27	2667,962	48,33031	2664,184	48,33692	0,141588	0,013677
	28	2667,951	48,33025	2664,033	48,33651	0,146834	0,01295

Tabel H, 31 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
37	29	2667,94	48,3302	2663,883	48,33612	0,152081	0,012253
	30	2667,93	48,33017	2663,732	48,33576	0,157327	0,011581
	31	2667,919	48,33014	2663,581	48,33542	0,162573	0,010939
	32	2667,908	48,33011	2663,431	48,3351	0,16782	0,010326
	33	2667,897	48,33009	2663,28	48,3348	0,173067	0,009742
	34	2667,887	48,33008	2663,129	48,33452	0,178314	0,00919
	35	2667,876	48,33006	2662,979	48,33425	0,183561	0,008667
	36	2667,865	48,33005	2662,828	48,334	0,188808	0,008176
	37	2667,854	48,33004	2662,677	48,33377	0,194056	0,007706
	38	2667,844	48,33003	2662,527	48,33354	0,199304	0,00726
	39	2667,833	48,33003	2662,376	48,33333	0,204551	0,00684
	40	2667,822	48,33002	2662,225	48,33314	0,209799	0,006443
	41	2667,812	48,33002	2662,075	48,33295	0,215047	0,006069
	42	2667,801	48,33002	2661,924	48,33278	0,220296	0,005717
	43	2667,79	48,33001	2661,773	48,33261	0,225544	0,005383
	44	2667,779	48,33001	2661,622	48,33246	0,230793	0,005069
	45	2667,769	48,33001	2661,472	48,33232	0,236041	0,004772
	46	2667,758	48,33001	2661,321	48,33218	0,24129	0,004493
	47	2667,747	48,33001	2661,17	48,33205	0,246539	0,00423
	48	2667,737	48,33001	2661,019	48,33193	0,251789	0,003982
	49	2667,726	48,33	2660,869	48,33182	0,257038	0,003748
	50	2667,715	48,33	2660,718	48,33171	0,262287	0,003528
	51	2667,704	48,33	2660,567	48,33161	0,267537	0,003321
	52	2667,694	48,33	2660,417	48,33151	0,272787	0,003125
	53	2667,683	48,33	2660,266	48,33142	0,278037	0,002942
	54	2667,672	48,33	2660,115	48,33134	0,283287	0,002768
	55	2667,662	48,33	2659,964	48,33126	0,288538	0,002606
	56	2667,651	48,33	2659,814	48,33119	0,293788	0,002452
	57	2667,64	48,33	2659,663	48,33112	0,299039	0,002308
	58	2667,629	48,33	2659,512	48,33105	0,30429	0,002172
	59	2667,619	48,33	2659,361	48,33099	0,309541	0,002044
	60	2667,608	48,33	2659,21	48,33093	0,314792	0,001923
	61	2667,597	48,33	2659,06	48,33088	0,320043	0,00181
	62	2667,586	48,33	2658,909	48,33082	0,325295	0,001703
	63	2667,576	48,33	2658,758	48,33078	0,330546	0,001603
	64	2667,565	48,33	2658,607	48,33073	0,335798	0,001509
	65	2667,554	48,33	2658,457	48,33069	0,34105	0,00142

Tabel H, 31 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
37	66	2667,544	48,33	2658,306	48,33065	0,346302	0,001336
	67	2667,533	48,33	2658,155	48,33061	0,351554	0,001257
	68	2667,522	48,33	2658,004	48,33057	0,356807	0,001183
	69	2667,511	48,33	2657,853	48,33054	0,36206	0,001113
	70	2667,501	48,33	2657,703	48,33051	0,367312	0,001048
	71	2667,49	48,33	2657,552	48,33048	0,372565	0,000986
	72	2667,479	48,33	2657,401	48,33045	0,377818	0,000928
	73	2667,469	48,33	2657,25	48,33042	0,383072	0,000873
	74	2667,458	48,33	2657,099	48,3304	0,388325	0,000821
	75	2667,447	48,33	2656,949	48,33037	0,393579	0,000773
	76	2667,436	48,33	2656,798	48,33035	0,398833	0,000727
	77	2667,426	48,33	2656,647	48,33033	0,404086	0,000685
	78	2667,415	48,33	2656,496	48,33031	0,409341	0,000644
	79	2667,404	48,33	2656,345	48,33029	0,414595	0,000606
	80	2667,393	48,33	2656,194	48,33028	0,419849	0,00057
	81	2667,383	48,33	2656,044	48,33026	0,425104	0,000537
	82	2667,372	48,33	2655,893	48,33024	0,430359	0,000505
	83	2667,361	48,33	2655,742	48,33023	0,435614	0,000475
	84	2667,351	48,33	2655,591	48,33022	0,440869	0,000447
	85	2667,34	48,33	2655,44	48,3302	0,446124	0,000421
	86	2667,329	48,33	2655,289	48,33019	0,451379	0,000396
	87	2667,318	48,33	2655,139	48,33018	0,456635	0,000373
	88	2667,308	48,33	2654,988	48,33017	0,461891	0,000351
	89	2667,297	48,33	2654,837	48,33016	0,467146	0,00033
	90	2667,286	48,33	2654,686	48,33015	0,472403	0,000311
	91	2667,276	48,33	2654,535	48,33014	0,477659	0,000292
	92	2667,265	48,33	2654,384	48,33013	0,482915	0,000275
	93	2667,254	48,33	2654,233	48,33013	0,488172	0,000259
	94	2667,243	48,33	2654,082	48,33012	0,493428	0,000243
	95	2667,233	48,33	2653,932	48,33011	0,498685	0,000229
	96	2667,222	48,33	2653,781	48,3301	0,503942	0,000216
	97	2667,211	48,33	2653,63	48,3301	0,5092	0,000203
	98	2667,2	48,33	2653,479	48,33009	0,514457	0,000191
	99	2667,19	48,33	2653,328	48,33009	0,519714	0,00018
	100	2667,179	48,33	2653,177	48,33008	0,524972	0,000169

**Tabel H, 32** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 38°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
38	0	2665,038	48,36549	2665,038	48,36549	1,44E-08	6,47E-10
	1	2665,027	48,36184	2664,887	48,36339	0,005251	0,003208
	2	2665,016	48,3582	2664,736	48,36142	0,010503	0,00666
	3	2665,005	48,35451	2664,586	48,35957	0,015755	0,010469
	4	2664,995	48,35123	2664,435	48,35783	0,021007	0,013639
	5	2664,984	48,34818	2664,284	48,35618	0,026259	0,016548
	6	2664,973	48,34528	2664,134	48,35464	0,031511	0,01936
	7	2664,963	48,3431	2663,983	48,35319	0,036763	0,020865
	8	2664,952	48,34108	2663,832	48,35182	0,042015	0,022219
	9	2664,941	48,33926	2663,681	48,35053	0,047268	0,023314
	10	2664,93	48,33766	2663,531	48,34932	0,052521	0,024126
	11	2664,92	48,33659	2663,38	48,34818	0,057774	0,023978
	12	2664,909	48,33557	2663,229	48,34711	0,063026	0,023881
	13	2664,898	48,33454	2663,079	48,3461	0,06828	0,023923
	14	2664,888	48,33372	2662,928	48,34515	0,073533	0,023656
	15	2664,877	48,33312	2662,777	48,34426	0,078786	0,023038
	16	2664,866	48,33253	2662,627	48,34341	0,08404	0,022529
	17	2664,855	48,33207	2662,476	48,34262	0,089293	0,021828
	18	2664,845	48,33172	2662,325	48,34188	0,094547	0,021029
	19	2664,834	48,33139	2662,174	48,34118	0,099801	0,020247
	20	2664,823	48,33115	2662,024	48,34052	0,105055	0,019385
	21	2664,813	48,33094	2661,873	48,3399	0,110309	0,018528
	22	2664,802	48,33078	2661,722	48,33931	0,115564	0,017657
	23	2664,791	48,33065	2661,572	48,33876	0,120818	0,016786
	24	2664,78	48,33054	2661,421	48,33825	0,126073	0,015954
	25	2664,77	48,33044	2661,27	48,33776	0,131328	0,01515
	26	2664,759	48,33037	2661,119	48,3373	0,136583	0,014342
	27	2664,748	48,33031	2660,969	48,33687	0,141838	0,013589
	28	2664,738	48,33025	2660,818	48,33647	0,147094	0,012867
	29	2664,727	48,3302	2660,667	48,33609	0,152349	0,012175
	30	2664,716	48,33017	2660,516	48,33573	0,157605	0,011507
	31	2664,705	48,33014	2660,366	48,33539	0,16286	0,010869
	32	2664,695	48,33011	2660,215	48,33507	0,168116	0,01026
	33	2664,684	48,33009	2660,064	48,33477	0,173373	0,009679
	34	2664,673	48,33008	2659,913	48,33449	0,178629	0,009131
	35	2664,663	48,33006	2659,763	48,33423	0,183885	0,008612

Tabel H, 32 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
38	36	2664,652	48,33005	2659,612	48,33398	0,189142	0,008123
	37	2664,641	48,33004	2659,461	48,33374	0,194399	0,007657
	38	2664,631	48,33003	2659,31	48,33352	0,199655	0,007214
	39	2664,62	48,33003	2659,16	48,33331	0,204912	0,006796
	40	2664,609	48,33002	2659,009	48,33312	0,21017	0,006402
	41	2664,598	48,33002	2658,858	48,33293	0,215427	0,00603
	42	2664,588	48,33002	2658,707	48,33276	0,220685	0,005681
	43	2664,577	48,33001	2658,557	48,3326	0,225942	0,005349
	44	2664,566	48,33001	2658,406	48,33244	0,2312	0,005036
	45	2664,556	48,33001	2658,255	48,3323	0,236458	0,004742
	46	2664,545	48,33001	2658,104	48,33216	0,241716	0,004464
	47	2664,534	48,33001	2657,953	48,33204	0,246975	0,004203
	48	2664,523	48,33	2657,803	48,33192	0,252233	0,003956
	49	2664,513	48,33	2657,652	48,3318	0,257492	0,003724
	50	2664,502	48,33	2657,501	48,3317	0,262751	0,003505
	51	2664,491	48,33	2657,35	48,3316	0,26801	0,003299
	52	2664,481	48,33	2657,199	48,3315	0,273269	0,003105
	53	2664,47	48,33	2657,049	48,33141	0,278528	0,002923
	54	2664,459	48,33	2656,898	48,33133	0,283788	0,002751
	55	2664,448	48,33	2656,747	48,33125	0,289047	0,002589
	56	2664,438	48,33	2656,596	48,33118	0,294307	0,002436
	57	2664,427	48,33	2656,445	48,33111	0,299567	0,002293
	58	2664,416	48,33	2656,294	48,33104	0,304827	0,002158
	59	2664,406	48,33	2656,144	48,33098	0,310087	0,002031
	60	2664,395	48,33	2655,993	48,33092	0,315348	0,001911
	61	2664,384	48,33	2655,842	48,33087	0,320608	0,001798
	62	2664,373	48,33	2655,691	48,33082	0,325869	0,001692
	63	2664,363	48,33	2655,54	48,33077	0,33113	0,001593
	64	2664,352	48,33	2655,389	48,33072	0,336391	0,001499
	65	2664,341	48,33	2655,239	48,33068	0,341653	0,00141
	66	2664,331	48,33	2655,088	48,33064	0,346914	0,001327
	67	2664,32	48,33	2654,937	48,3306	0,352176	0,001249

Tabel H, 32 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
38	68	2664,309	48,33	2654,786	48,33057	0,357437	0,001175
	69	2664,298	48,33	2654,635	48,33053	0,362699	0,001106
	70	2664,288	48,33	2654,484	48,3305	0,367961	0,001041
	71	2664,277	48,33	2654,333	48,33047	0,373224	0,000979
	72	2664,266	48,33	2654,182	48,33045	0,378486	0,000922
	73	2664,256	48,33	2654,032	48,33042	0,383749	0,000867
	74	2664,245	48,33	2653,881	48,33039	0,389011	0,000816
	75	2664,234	48,33	2653,73	48,33037	0,394274	0,000768
	76	2664,223	48,33	2653,579	48,33035	0,399537	0,000723
	77	2664,213	48,33	2653,428	48,33033	0,4048	0,00068
	78	2664,202	48,33	2653,277	48,33031	0,410064	0,00064
	79	2664,191	48,33	2653,126	48,33029	0,415327	0,000602
	80	2664,181	48,33	2652,975	48,33027	0,420591	0,000567
	81	2664,17	48,33	2652,824	48,33026	0,425855	0,000533
	82	2664,159	48,33	2652,673	48,33024	0,431119	0,000502
	83	2664,148	48,33	2652,523	48,33023	0,436383	0,000472
	84	2664,138	48,33	2652,372	48,33021	0,441648	0,000444
	85	2664,127	48,33	2652,221	48,3302	0,446912	0,000418
	86	2664,116	48,33	2652,07	48,33019	0,452177	0,000393
	87	2664,106	48,33	2651,919	48,33018	0,457442	0,00037
	88	2664,095	48,33	2651,768	48,33017	0,462707	0,000348
	89	2664,084	48,33	2651,617	48,33016	0,467972	0,000328
	90	2664,074	48,33	2651,466	48,33015	0,473237	0,000309
	91	2664,063	48,33	2651,315	48,33014	0,478503	0,00029
	92	2664,052	48,33	2651,164	48,33013	0,483769	0,000273
	93	2664,041	48,33	2651,013	48,33012	0,489035	0,000257
	94	2664,031	48,33	2650,862	48,33012	0,494301	0,000242
	95	2664,02	48,33	2650,711	48,33011	0,499567	0,000228
	96	2664,009	48,33	2650,56	48,3301	0,504833	0,000214
	97	2663,999	48,33	2650,409	48,3301	0,5101	0,000202
	98	2663,988	48,33	2650,259	48,33009	0,515366	0,00019
	99	2663,977	48,33	2650,108	48,33009	0,520633	0,000178
	100	2663,966	48,33	2649,957	48,33008	0,5259	0,000168



**Tabel H, 33** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 39°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
39	0	2661,674	48,36525	2661,674	48,36525	1,43E-09	2,04E-09
	1	2661,663	48,36163	2661,523	48,36317	0,005261	0,003186
	2	2661,652	48,35801	2661,372	48,36121	0,010523	0,006615
	3	2661,641	48,35434	2661,221	48,35937	0,015784	0,010398
	4	2661,631	48,35109	2661,071	48,35764	0,021046	0,013547
	5	2661,62	48,34806	2660,92	48,35601	0,026307	0,016437
	6	2661,609	48,34518	2660,769	48,35447	0,031569	0,01923
	7	2661,599	48,34301	2660,618	48,35303	0,036831	0,020725
	8	2661,588	48,341	2660,468	48,35167	0,042093	0,022069
	9	2661,577	48,3392	2660,317	48,35039	0,047355	0,023157
	10	2661,567	48,33761	2660,166	48,34919	0,052618	0,023964
	11	2661,556	48,33655	2660,015	48,34806	0,05788	0,023816
	12	2661,545	48,33553	2659,865	48,34699	0,063143	0,023719
	13	2661,534	48,33451	2659,714	48,34599	0,068406	0,023762
	14	2661,524	48,33369	2659,563	48,34505	0,073669	0,023497
	15	2661,513	48,3331	2659,412	48,34416	0,078932	0,022882
	16	2661,502	48,33251	2659,262	48,34332	0,084195	0,022377
	17	2661,492	48,33206	2659,111	48,34254	0,089459	0,021681
	18	2661,481	48,3317	2658,96	48,3418	0,094722	0,020887
	19	2661,47	48,33138	2658,809	48,3411	0,099986	0,020111
	20	2661,46	48,33114	2658,658	48,34045	0,10525	0,019254
	21	2661,449	48,33094	2658,508	48,33983	0,110514	0,018403
	22	2661,438	48,33078	2658,357	48,33925	0,115778	0,017537
	23	2661,427	48,33065	2658,206	48,33871	0,121042	0,016672
	24	2661,417	48,33053	2658,055	48,33819	0,126306	0,015846
	25	2661,406	48,33044	2657,904	48,33771	0,131571	0,015048
	26	2661,395	48,33037	2657,754	48,33725	0,136836	0,014245
	27	2661,385	48,3303	2657,603	48,33683	0,142101	0,013497
	28	2661,374	48,33025	2657,452	48,33642	0,147366	0,01278
	29	2661,363	48,3302	2657,301	48,33604	0,152631	0,012092
	30	2661,353	48,33016	2657,15	48,33569	0,157896	0,011429
	31	2661,342	48,33013	2657	48,33535	0,163162	0,010796
	32	2661,331	48,33011	2656,849	48,33504	0,168428	0,01019
	33	2661,32	48,33009	2656,698	48,33474	0,173693	0,009614
	34	2661,31	48,33008	2656,547	48,33446	0,178959	0,009069
	35	2661,299	48,33006	2656,396	48,3342	0,184226	0,008553

Tabel H, 33 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
39	36	2661,288	48,33005	2656,245	48,33395	0,189492	0,008068
	37	2661,278	48,33004	2656,095	48,33372	0,194758	0,007605
	38	2661,267	48,33003	2655,944	48,3335	0,200025	0,007165
	39	2661,256	48,33003	2655,793	48,33329	0,205292	0,00675
	40	2661,246	48,33002	2655,642	48,3331	0,210559	0,006359
	41	2661,235	48,33002	2655,491	48,33291	0,215826	0,005989
	42	2661,224	48,33002	2655,34	48,33274	0,221093	0,005642
	43	2661,213	48,33001	2655,189	48,33258	0,226361	0,005312
	44	2661,203	48,33001	2655,039	48,33243	0,231628	0,005002
	45	2661,192	48,33001	2654,888	48,33228	0,236896	0,004709
	46	2661,181	48,33001	2654,737	48,33215	0,242164	0,004434
	47	2661,171	48,33001	2654,586	48,33202	0,247432	0,004174
	48	2661,16	48,33	2654,435	48,3319	0,2527	0,003929
	49	2661,149	48,33	2654,284	48,33179	0,257969	0,003699
	50	2661,139	48,33	2654,133	48,33169	0,263237	0,003481
	51	2661,128	48,33	2653,983	48,33159	0,268506	0,003277
	52	2661,117	48,33	2653,832	48,33149	0,273775	0,003084
	53	2661,106	48,33	2653,681	48,3314	0,279044	0,002903
	54	2661,096	48,33	2653,53	48,33132	0,284313	0,002732
	55	2661,085	48,33	2653,379	48,33124	0,289582	0,002571
	56	2661,074	48,33	2653,228	48,33117	0,294852	0,00242
	57	2661,064	48,33	2653,077	48,3311	0,300122	0,002277
	58	2661,053	48,33	2652,926	48,33104	0,305392	0,002143
	59	2661,042	48,33	2652,775	48,33098	0,310662	0,002017
	60	2661,031	48,33	2652,624	48,33092	0,315932	0,001898
	61	2661,021	48,33	2652,474	48,33086	0,321202	0,001786
	62	2661,01	48,33	2652,323	48,33081	0,326473	0,001681
	63	2660,999	48,33	2652,172	48,33076	0,331743	0,001582
	64	2660,989	48,33	2652,021	48,33072	0,337014	0,001489
	65	2660,978	48,33	2651,87	48,33068	0,342285	0,001401
	66	2660,967	48,33	2651,719	48,33064	0,347556	0,001318
	67	2660,957	48,33	2651,568	48,3306	0,352828	0,001241



Tabel H, 33 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
39	68	2660,946	48,33	2651,417	48,33056	0,358099	0,001167
	69	2660,935	48,33	2651,266	48,33053	0,363371	0,001099
	70	2660,924	48,33	2651,115	48,3305	0,368643	0,001034
	71	2660,914	48,33	2650,964	48,33047	0,373915	0,000973
	72	2660,903	48,33	2650,813	48,33044	0,379187	0,000915
	73	2660,892	48,33	2650,662	48,33042	0,384459	0,000861
	74	2660,882	48,33	2650,511	48,33039	0,389732	0,000811
	75	2660,871	48,33	2650,36	48,33037	0,395004	0,000763
	76	2660,86	48,33	2650,209	48,33035	0,400277	0,000718
	77	2660,85	48,33	2650,058	48,33033	0,40555	0,000675
	78	2660,839	48,33	2649,907	48,33031	0,410823	0,000636
	79	2660,828	48,33	2649,757	48,33029	0,416097	0,000598
	80	2660,817	48,33	2649,606	48,33027	0,42137	0,000563
	81	2660,807	48,33	2649,455	48,33026	0,426644	0,00053
	82	2660,796	48,33	2649,304	48,33024	0,431918	0,000498
	83	2660,785	48,33	2649,153	48,33023	0,437192	0,000469
	84	2660,775	48,33	2649,002	48,33021	0,442466	0,000441
	85	2660,764	48,33	2648,851	48,3302	0,44774	0,000415
	86	2660,753	48,33	2648,7	48,33019	0,453015	0,000391
	87	2660,743	48,33	2648,549	48,33018	0,458289	0,000368
	88	2660,732	48,33	2648,398	48,33017	0,463564	0,000346
	89	2660,721	48,33	2648,247	48,33016	0,468839	0,000326
	90	2660,71	48,33	2648,096	48,33015	0,474114	0,000306
	91	2660,7	48,33	2647,945	48,33014	0,47939	0,000288
	92	2660,689	48,33	2647,794	48,33013	0,484665	0,000271
	93	2660,678	48,33	2647,643	48,33012	0,489941	0,000255
	94	2660,668	48,33	2647,492	48,33012	0,495216	0,00024
	95	2660,657	48,33	2647,341	48,33011	0,500492	0,000226
	96	2660,646	48,33	2647,189	48,3301	0,505769	0,000213
	97	2660,635	48,33	2647,038	48,3301	0,511045	0,0002
	98	2660,625	48,33	2646,887	48,33009	0,516321	0,000188
	99	2660,614	48,33	2646,736	48,33009	0,521598	0,000177
	100	2660,603	48,33	2646,585	48,33008	0,526875	0,000167

**Tabel H, 34** Validasi model *reservoir well* dengan temperatur injeksi 40°C

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
40	0	2658,158	48,365	2658,158	48,365	9,42E-10	1,01E-08
	1	2658,148	48,3614	2658,007	48,36293	0,005271	0,003164
	2	2658,137	48,35781	2657,857	48,36099	0,010543	0,006568
	3	2658,126	48,35417	2657,706	48,35916	0,015815	0,010325
	4	2658,116	48,35094	2657,555	48,35744	0,021086	0,013451
	5	2658,105	48,34793	2657,404	48,35582	0,026358	0,016321
	6	2658,094	48,34507	2657,253	48,3543	0,03163	0,019093
	7	2658,083	48,34292	2657,103	48,35287	0,036902	0,020578
	8	2658,073	48,34092	2656,952	48,35152	0,042175	0,021913
	9	2658,062	48,33913	2656,801	48,35025	0,047447	0,022992
	10	2658,051	48,33755	2656,65	48,34905	0,05272	0,023794
	11	2658,041	48,3365	2656,499	48,34793	0,057992	0,023647
	12	2658,03	48,33549	2656,348	48,34687	0,063265	0,023551
	13	2658,019	48,33447	2656,198	48,34588	0,068538	0,023593
	14	2658,009	48,33366	2656,047	48,34494	0,073811	0,02333
	15	2657,998	48,33308	2655,896	48,34406	0,079085	0,02272
	16	2657,987	48,33249	2655,745	48,34323	0,084358	0,022217
	17	2657,977	48,33204	2655,594	48,34245	0,089632	0,021526
	18	2657,966	48,33169	2655,443	48,34171	0,094906	0,020738
	19	2657,955	48,33137	2655,292	48,34102	0,100179	0,019967
	20	2657,944	48,33113	2655,142	48,34037	0,105453	0,019117
	21	2657,934	48,33093	2654,991	48,33976	0,110728	0,018272
	22	2657,923	48,33077	2654,84	48,33919	0,116002	0,017412
	23	2657,912	48,33064	2654,689	48,33864	0,121276	0,016554
	24	2657,902	48,33053	2654,538	48,33813	0,126551	0,015733
	25	2657,891	48,33043	2654,387	48,33765	0,131826	0,01494
	26	2657,88	48,33037	2654,236	48,3372	0,137101	0,014143
	27	2657,87	48,3303	2654,085	48,33678	0,142376	0,013401
	28	2657,859	48,33025	2653,935	48,33638	0,147651	0,012689
	29	2657,848	48,3302	2653,784	48,336	0,152927	0,012006
	30	2657,838	48,33016	2653,633	48,33565	0,158202	0,011347
	31	2657,827	48,33013	2653,482	48,33531	0,163478	0,010719
	32	2657,816	48,33011	2653,331	48,335	0,168754	0,010117
	33	2657,805	48,33009	2653,18	48,33471	0,17403	0,009545
	34	2657,795	48,33008	2653,029	48,33443	0,179306	0,009004
	35	2657,784	48,33006	2652,878	48,33417	0,184582	0,008492

Tabel H, 34 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
40	36	2657,773	48,33005	2652,727	48,33392	0,189859	0,00801
	37	2657,763	48,33004	2652,576	48,33369	0,195136	0,00755
	38	2657,752	48,33003	2652,426	48,33347	0,200412	0,007114
	39	2657,741	48,33003	2652,275	48,33327	0,205689	0,006701
	40	2657,731	48,33002	2652,124	48,33307	0,210967	0,006313
	41	2657,72	48,33002	2651,973	48,33289	0,216244	0,005946
	42	2657,709	48,33002	2651,822	48,33272	0,221521	0,005602
	43	2657,699	48,33001	2651,671	48,33256	0,226799	0,005274
	44	2657,688	48,33001	2651,52	48,33241	0,232077	0,004966
	45	2657,677	48,33001	2651,369	48,33227	0,237355	0,004676
	46	2657,666	48,33001	2651,218	48,33213	0,242633	0,004402
	47	2657,656	48,33001	2651,067	48,33201	0,247911	0,004144
	48	2657,645	48,33	2650,916	48,33189	0,25319	0,003901
	49	2657,634	48,33	2650,765	48,33178	0,258468	0,003672
	50	2657,624	48,33	2650,614	48,33167	0,263747	0,003456
	51	2657,613	48,33	2650,463	48,33158	0,269026	0,003253
	52	2657,602	48,33	2650,312	48,33148	0,274305	0,003062
	53	2657,592	48,33	2650,161	48,33139	0,279585	0,002882
	54	2657,581	48,33	2650,01	48,33131	0,284864	0,002712
	55	2657,57	48,33	2649,859	48,33124	0,290144	0,002553
	56	2657,56	48,33	2649,708	48,33116	0,295423	0,002403
	57	2657,549	48,33	2649,557	48,33109	0,300703	0,002261
	58	2657,538	48,33	2649,407	48,33103	0,305983	0,002128
	59	2657,527	48,33	2649,256	48,33097	0,311264	0,002002
	60	2657,517	48,33	2649,105	48,33091	0,316544	0,001884
	61	2657,506	48,33	2648,954	48,33086	0,321825	0,001773
	62	2657,495	48,33	2648,803	48,33081	0,327105	0,001669
	63	2657,485	48,33	2648,652	48,33076	0,332386	0,001571
	64	2657,474	48,33	2648,501	48,33071	0,337667	0,001478
	65	2657,463	48,33	2648,35	48,33067	0,342949	0,001391
	66	2657,453	48,33	2648,199	48,33063	0,34823	0,001309
	67	2657,442	48,33	2648,048	48,3306	0,353512	0,001232

Tabel H, 34 (lanjutan)

T	ELEVASI	SIMULASI COMSOL		PEMODELAN DARCY		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
40	68	2657,431	48,33	2647,897	48,33056	0,358793	0,001159
	69	2657,421	48,33	2647,746	48,33053	0,364075	0,001091
	70	2657,41	48,33	2647,594	48,3305	0,369357	0,001026
	71	2657,399	48,33	2647,443	48,33047	0,37464	0,000966
	72	2657,388	48,33	2647,292	48,33044	0,379922	0,000909
	73	2657,378	48,33	2647,141	48,33041	0,385205	0,000855
	74	2657,367	48,33	2646,99	48,33039	0,390487	0,000805
	75	2657,356	48,33	2646,839	48,33037	0,39577	0,000757
	76	2657,346	48,33	2646,688	48,33034	0,401053	0,000713
	77	2657,335	48,33	2646,537	48,33032	0,406336	0,000671
	78	2657,324	48,33	2646,386	48,3303	0,41162	0,000631
	79	2657,314	48,33	2646,235	48,33029	0,416903	0,000594
	80	2657,303	48,33	2646,084	48,33027	0,422187	0,000559
	81	2657,292	48,33	2645,933	48,33025	0,427471	0,000526
	82	2657,282	48,33	2645,782	48,33024	0,432755	0,000495
	83	2657,271	48,33	2645,631	48,33023	0,438039	0,000466
	84	2657,26	48,33	2645,48	48,33021	0,443324	0,000438
	85	2657,249	48,33	2645,329	48,3302	0,448608	0,000412
	86	2657,239	48,33	2645,178	48,33019	0,453893	0,000388
	87	2657,228	48,33	2645,027	48,33018	0,459178	0,000365
	88	2657,217	48,33	2644,876	48,33017	0,464463	0,000344
	89	2657,207	48,33	2644,724	48,33016	0,469748	0,000323
	90	2657,196	48,33	2644,573	48,33015	0,475034	0,000304
	91	2657,185	48,33	2644,422	48,33014	0,480319	0,000286
	92	2657,175	48,33	2644,271	48,33013	0,485605	0,000269
	93	2657,164	48,33	2644,12	48,33012	0,490891	0,000253
	94	2657,153	48,33	2643,969	48,33012	0,496177	0,000239
	95	2657,143	48,33	2643,818	48,33011	0,501463	0,000224
	96	2657,132	48,33	2643,667	48,3301	0,506749	0,000211
	97	2657,121	48,33	2643,516	48,3301	0,512036	0,000199
	98	2657,11	48,33	2643,365	48,33009	0,517323	0,000187
	99	2657,1	48,33	2643,213	48,33009	0,52261	0,000176
	100	2657,089	48,33	2643,062	48,33008	0,527897	0,000166

### LAMPIRAN I Validasi Model *Injection Well*

Validasi pada production well dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil permodelan gradien tekanan dan temperatur dengan software PIPESIM, Pada tabel I,1, divariasikan nilai laju aliran massa injeksi CO<sub>2</sub> dengan tekanan dan temperatur injeksi yang tetap, Nilai variasi penambahan laju aliran massa sebesar 0,01 kg/s dari keadaan awal 0,23 kg/s didapatkan rata-rata error untuk tekanan dan temperatur sebesar 0,3918% dan 1,092%, Berikut merupakan tabel hasil validasi model pada injection well,

**Tabel I, 1** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,23 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	0	2685,082	48,32969	2674,946	48,32609	0,377497	0,007459
	50	2670,52	47,91918	2660,359	48,19132	0,380484	0,567915
	100	2655,978	47,49541	2645,754	47,98867	0,384949	1,038535
	150	2641,46	47,06034	2631,141	47,72911	0,390632	1,42109
	200	2626,965	46,61563	2616,528	47,42184	0,397313	1,729491
	250	2612,496	46,16269	2601,921	47,07457	0,404808	1,975349
	300	2598,055	45,70274	2587,326	46,69375	0,412962	2,16837
	350	2583,641	45,23682	2572,747	46,2848	0,421644	2,316674
	400	2569,256	44,76579	2558,189	45,85228	0,430744	2,427058
	450	2554,901	44,29043	2543,655	45,4	0,440167	2,505217
	500	2540,576	43,81136	2529,148	44,93114	0,449836	2,55592
	550	2526,283	43,32914	2514,67	44,44841	0,459684	2,583163
	600	2512,02	42,84424	2500,222	43,95403	0,469652	2,590291
	650	2497,79	42,35705	2485,808	43,44991	0,479695	2,580105
	700	2483,592	41,86792	2471,428	42,93762	0,489769	2,554944
	750	2469,426	41,37712	2457,083	42,41849	0,499841	2,516763
	800	2455,294	40,88492	2442,775	41,89363	0,509879	2,467188
	850	2441,195	40,39152	2428,504	41,36398	0,519858	2,407574
	900	2427,129	39,8971	2414,272	40,83031	0,529756	2,339041
	950	2413,098	39,40182	2400,078	40,29329	0,539552	2,262514
	1000	2399,1	38,90579	2385,923	39,75345	0,54923	2,178749

**Tabel I, 1** (lanjutan)

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,23	1050	2385,136	38,40914	2371,808	39,21126	0,558773	2,088364
	1100	2371,206	37,91196	2357,734	38,66711	0,56817	1,991856
	1150	2357,311	37,41432	2343,7	38,12131	0,577406	1,88962
	1200	2343,451	36,9163	2329,707	37,57414	0,586472	1,781961
	1250	2329,626	36,41795	2315,756	37,02581	0,595358	1,669113
	1300	2315,835	35,91933	2301,846	36,47653	0,604054	1,551242
	1350	2302,079	35,42047	2287,978	35,92644	0,61255	1,428459
	1400	2288,359	34,92141	2274,152	35,37568	0,62084	1,300828
	1450	2274,673	34,42218	2260,368	34,82436	0,628916	1,168365
	1500	2261,024	33,92281	2246,626	34,27257	0,636769	1,031053
	1550	2247,409	33,42331	2232,927	33,72039	0,644393	0,888837
	1600	2233,83	32,92371	2219,271	33,16789	0,65178	0,741631
	1650	2220,287	32,42403	2205,657	32,61511	0,658924	0,58932
	1700	2206,78	31,92427	2192,087	32,0621	0,665818	0,431763

**Tabel I, 2** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,24 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	0	2684,7	48,33333	2674,136	48,32925	0,393488	0,008447
	50	2677,303	48,13462	2659,546	48,1927	0,663227	0,120655
	100	2650,386	47,37817	2644,939	47,98792	0,205502	1,286988
	150	2636,974	46,98631	2630,324	47,72606	0,252166	1,574385
	200	2623,593	46,59159	2615,71	47,41641	0,300485	1,770319
	250	2610,241	46,18321	2601,101	47,06678	0,350152	1,913177
	300	2595,298	45,73263	2586,505	46,68368	0,338801	2,079578
	350	2581,584	45,31301	2571,926	46,27257	0,374114	2,117618
	400	2567,904	44,88973	2557,368	45,83802	0,41031	2,112484
	450	2554,247	44,46273	2542,834	45,38386	0,446843	2,071685
	500	2540,633	44,03279	2528,326	44,91329	0,484392	1,999641
	550	2527,053	43,59984	2513,849	44,42899	0,522524	1,901727

Tabel I, 2 (lanjutan)

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,24	600	2509,112	43,02348	2499,402	43,93321	0,386988	2,114498
	650	2494,928	42,5715	2484,989	43,42783	0,398388	2,011508
	700	2480,778	42,11648	2470,609	42,91442	0,409897	1,894599
	750	2466,663	41,65855	2456,266	42,3943	0,421506	1,766134
	800	2452,582	41,19799	2441,959	41,86856	0,433136	1,627683
	850	2438,535	40,7349	2427,69	41,33814	0,444751	1,480895
	900	2422,271	40,19512	2413,458	40,8038	0,363812	1,514319
	950	2407,955	39,70288	2399,266	40,26619	0,360835	1,418817
	1000	2393,677	39,20151	2385,113	39,72585	0,357757	1,337543
	1050	2379,436	38,70612	2371,001	39,18322	0,354513	1,232624
	1100	2365,223	38,2108	2356,928	38,63869	0,350703	1,119812
	1150	2351,054	37,71444	2342,896	38,09257	0,346981	1,002606
	1200	2333,116	37,08339	2328,906	37,54512	0,180467	1,245107
	1250	2318,882	36,57985	2314,956	36,99656	0,169304	1,139183
	1300	2304,695	36,07557	2301,048	36,44708	0,158235	1,029813
	1350	2290,537	35,57001	2287,182	35,89683	0,146468	0,918808
	1400	2275,073	35,01874	2273,358	35,34594	0,07538	0,934347
	1450	2260,998	34,52066	2259,576	34,79451	0,062883	0,793285
	1500	2246,96	34,02125	2245,837	34,24263	0,049989	0,650714
	1550	2232,957	33,51861	2232,14	33,69038	0,036593	0,512469
	1600	2218,991	32,99452	2218,486	33,13782	0,02277	0,434326
	1650	2205,064	32,47044	2204,874	32,58501	0,008596	0,352832
	1700	2191,176	31,94636	2191,306	32,03197	0,005941	0,26799



**Tabel I, 3** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,25 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,25	0	2684,4	48,33333	2673,342	48,33245	0,41195	0,001821
	50	2677,004	48,13474	2658,75	48,19414	0,681897	0,123411
	100	2650,09	47,37983	2644,14	47,98729	0,224506	1,282112
	150	2636,68	46,98911	2629,524	47,72318	0,271419	1,562222
	200	2623,3	46,59564	2614,907	47,41124	0,319941	1,750381
	250	2609,95	46,18826	2600,297	47,05934	0,369839	1,885923
	300	2595,009	45,73861	2585,7	46,67404	0,358714	2,045168
	350	2581,297	45,31998	2571,121	46,26085	0,39424	2,076071
	400	2567,619	44,89776	2556,562	45,82437	0,430639	2,063818
	450	2553,965	44,47187	2542,028	45,36842	0,467407	2,01599
	500	2540,353	44,0431	2527,521	44,89621	0,505143	1,936999
	550	2526,775	43,61133	2513,043	44,41044	0,543455	1,832338
	600	2508,838	43,03652	2498,597	43,91333	0,40819	2,037353
	650	2494,656	42,58558	2484,184	43,40675	0,419761	1,928291
	700	2480,509	42,13183	2469,806	42,89229	0,431476	1,804942
	750	2466,397	41,67521	2455,464	42,37123	0,443287	1,670098
	800	2452,319	41,21595	2441,158	41,84467	0,455116	1,525429
	850	2438,275	40,75416	2426,89	41,31353	0,466926	1,37254
	900	2422,015	40,21587	2412,66	40,77856	0,386234	1,39917
	950	2407,703	39,72453	2398,47	40,2404	0,383492	1,298619
	1000	2393,428	39,22442	2384,318	39,69958	0,380606	1,211396
	1050	2379,191	38,72983	2370,207	39,15655	0,377595	1,101784
	1100	2364,982	38,23567	2356,137	38,61167	0,37402	0,98337
	1150	2350,817	37,74042	2342,106	38,06525	0,370532	0,86069
	1200	2332,884	37,11068	2328,118	37,51755	0,204316	1,096358
	1250	2318,655	36,60815	2314,17	36,96878	0,193433	0,985097
	1300	2304,472	36,10483	2300,264	36,41912	0,182602	0,870483
	1350	2290,319	35,60018	2286,4	35,86872	0,171118	0,754313
	1400	2274,859	35,04927	2272,578	35,3177	0,10028	0,765867
	1450	2260,789	34,55205	2258,798	34,76617	0,088071	0,619709
	1500	2246,755	34,05348	2245,06	34,21422	0,075421	0,472011
	1550	2232,757	33,55133	2231,366	33,66191	0,062317	0,32957
	1600	2218,796	33,02804	2217,713	33,1093	0,048788	0,246029
	1650	2204,874	32,50467	2204,104	32,55645	0,034911	0,159288
	1700	2190,99	31,98121	2190,538	32,00339	0,020628	0,069351



**Tabel I, 4** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,26 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,26	0	2684	48,33333	2672,562	48,33568	0,426169	0,004861
	50	2676,605	48,13486	2657,967	48,19564	0,696323	0,12628
	100	2649,694	47,38138	2643,356	47,98677	0,239204	1,277687
	150	2636,287	46,99174	2628,737	47,72048	0,286384	1,550778
	200	2622,909	46,59945	2614,119	47,40631	0,335126	1,731479
	250	2609,561	46,19285	2599,508	47,05221	0,385234	1,860374
	300	2594,623	45,74411	2584,91	46,6648	0,374349	2,012707
	350	2580,914	45,32643	2570,33	46,24962	0,410105	2,036767
	400	2567,238	44,90523	2555,77	45,81128	0,446689	2,017693
	450	2553,587	44,48041	2541,236	45,35362	0,48367	1,963137
	500	2539,978	44,05275	2526,729	44,87986	0,521614	1,877543
	550	2526,402	43,62213	2512,252	44,39267	0,560086	1,766404
	600	2508,469	43,04883	2497,807	43,8943	0,425059	1,963973
	650	2494,291	42,5989	2483,394	43,3866	0,43686	1,849103
	700	2480,147	42,14638	2469,017	42,87113	0,448761	1,719598
	750	2466,038	41,691	2454,676	42,34919	0,460755	1,578726
	800	2451,964	41,23301	2440,371	41,82185	0,472803	1,42809
	850	2437,923	40,77249	2426,104	41,29003	0,48479	1,269343
	900	2421,668	40,23565	2411,876	40,75447	0,404357	1,289463
	950	2407,36	39,74506	2397,687	40,2158	0,40183	1,184408
	1000	2393,089	39,24619	2383,537	39,67454	0,399158	1,091455
	1050	2378,856	38,75241	2369,427	39,13113	0,396361	0,977283
	1100	2364,651	38,2594	2355,358	38,58592	0,392998	0,85345
	1150	2350,491	37,76525	2341,33	38,03923	0,389766	0,725477
	1200	2332,564	37,13682	2327,342	37,49129	0,22386	0,954503
	1250	2318,339	36,6353	2313,396	36,94233	0,213193	0,838058
	1300	2304,161	36,13295	2299,492	36,3925	0,202623	0,718323
	1350	2290,012	35,62923	2285,63	35,84197	0,191358	0,597081
	1400	2274,558	35,07871	2271,81	35,29084	0,120832	0,604719
	1450	2260,493	34,58236	2258,032	34,73922	0,108889	0,453579
	1500	2246,464	34,08465	2244,296	34,18719	0,096508	0,300841
	1550	2232,472	33,58286	2230,603	33,63482	0,08372	0,154732
	1600	2218,516	33,06039	2216,953	33,08217	0,070465	0,065893
	1650	2204,598	32,53775	2203,345	32,52929	0,056819	0,025996
	1700	2190,72	32,01496	2189,781	31,97621	0,042861	0,121025

**Tabel I, 5** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,27 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,27	0	2683,7	48,33333	2671,795	48,33892	0,443612	0,011573
	50	2676,306	48,13497	2657,198	48,19719	0,713969	0,129254
	100	2649,398	47,38283	2642,585	47,98633	0,257172	1,273658
	150	2635,992	46,99419	2627,964	47,71792	0,304557	1,540034
	200	2622,616	46,60302	2613,344	47,40159	0,353533	1,713564
	250	2609,27	46,19727	2598,732	47,04537	0,403867	1,835827
	300	2594,334	45,74937	2584,133	46,65593	0,393202	1,981584
	350	2580,626	45,33259	2569,552	46,23883	0,429129	1,9991
	400	2566,953	44,91235	2554,992	45,79871	0,465951	1,973529
	450	2553,303	44,48854	2540,458	45,33941	0,503086	1,912568
	500	2539,697	44,06194	2525,951	44,86416	0,541254	1,820673
	550	2526,123	43,63241	2511,474	44,37563	0,579905	1,703378
	600	2508,193	43,06055	2497,029	43,87606	0,445107	1,893861
	650	2494,018	42,61158	2482,617	43,36729	0,457119	1,773476
	700	2479,877	42,16024	2468,241	42,85087	0,469226	1,638104
	750	2465,771	41,70607	2453,9	42,32809	0,481424	1,491442
	800	2451,699	41,24929	2439,597	41,80003	0,493633	1,335144
	850	2437,662	40,79	2425,331	41,26757	0,505858	1,170795
	900	2421,41	40,25456	2411,104	40,73145	0,425632	1,184693
	950	2407,105	39,76481	2396,916	40,1923	0,423302	1,075053
	1000	2392,838	39,26714	2382,767	39,65063	0,420868	0,976617
	1050	2378,609	38,77413	2368,659	39,10686	0,418309	0,858127
	1100	2364,408	38,28224	2354,591	38,56135	0,415185	0,729092
	1150	2350,251	37,78917	2340,564	38,0144	0,412149	0,596014
	1200	2332,329	37,16203	2326,579	37,46625	0,246545	0,818619
	1250	2318,108	36,66151	2312,634	36,9171	0,23612	0,697152
	1300	2303,934	36,16012	2298,732	36,36712	0,225793	0,572456
	1350	2289,79	35,65731	2284,871	35,81646	0,214817	0,446332
	1400	2274,34	35,1072	2271,053	35,26523	0,144546	0,450135
	1450	2260,28	34,61172	2257,276	34,71353	0,132896	0,294144
	1500	2246,255	34,11485	2243,542	34,16144	0,120767	0,136554
	1550	2232,267	33,61356	2229,851	33,60902	0,108232	0,013514
	1600	2218,316	33,0919	2216,202	33,05633	0,095278	0,107486
	1650	2204,403	32,57001	2202,597	32,50342	0,081936	0,204449
	1700	2190,529	32,04788	2189,034	31,95033	0,068239	0,3044

**Tabel I, 6** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,28 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,28	0	2683,1	48,33333	2671,04	48,34217	0,449479	0,018293
	50	2675,708	48,13517	2656,441	48,19876	0,720075	0,132103
	100	2648,806	47,38545	2641,825	47,98596	0,263541	1,267284
	150	2635,403	46,99865	2627,203	47,71548	0,311153	1,525224
	200	2622,03	46,60954	2612,582	47,39707	0,360347	1,689629
	250	2608,687	46,20531	2597,968	47,0388	0,41089	1,803877
	300	2593,755	45,75897	2583,368	46,64739	0,400456	1,94153
	350	2580,052	45,34386	2568,786	46,22845	0,43665	1,950848
	400	2566,382	44,92541	2554,226	45,78661	0,473655	1,916962
	450	2552,737	44,5035	2539,691	45,32575	0,511043	1,847608
	500	2539,134	44,07887	2525,185	44,84908	0,54938	1,747338
	550	2525,565	43,65138	2510,708	44,35927	0,588273	1,621681
	600	2507,641	43,08224	2496,263	43,85854	0,453728	1,801908
	650	2493,471	42,63509	2481,852	43,34875	0,46597	1,673887
	700	2479,335	42,18599	2467,476	42,83144	0,478305	1,530001
	750	2465,235	41,73409	2453,136	42,30787	0,490767	1,374843
	800	2451,169	41,27963	2438,834	41,77911	0,503238	1,209996
	850	2437,138	40,82267	2424,569	41,24605	0,515725	1,037116
	900	2420,893	40,28992	2410,343	40,70941	0,43579	1,041182
	950	2406,594	39,80173	2396,156	40,16981	0,43372	0,924783
	1000	2392,334	39,30638	2382,009	39,62775	0,431587	0,817599
	1050	2378,112	38,8149	2367,902	39,08365	0,42933	0,692384
	1100	2363,917	38,32517	2353,836	38,53786	0,426468	0,554953
	1150	2349,768	37,8342	2339,81	37,99066	0,423779	0,41355
	1200	2331,856	37,20959	2325,826	37,44231	0,258597	0,625425
	1250	2317,643	36,71104	2311,883	36,89299	0,248526	0,495628
	1300	2303,477	36,21154	2297,982	36,34287	0,238555	0,362687
	1350	2289,34	35,71056	2284,123	35,7921	0,227894	0,228331
	1400	2273,9	35,16132	2270,306	35,24077	0,158071	0,225971
	1450	2259,848	34,66757	2256,531	34,689	0,146788	0,061809
	1500	2245,832	34,17239	2242,798	34,13685	0,135074	0,104016
	1550	2231,852	33,6721	2229,109	33,58438	0,122914	0,260506
	1600	2217,91	33,15207	2215,462	33,03166	0,110384	0,363199
	1650	2204,006	32,63168	2201,858	32,47873	0,097471	0,46872
	1700	2190,141	32,11092	2188,297	31,92562	0,084208	0,577065

**Tabel I, 7** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,29 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,29	0	2682,8	48,33333	2670,296	48,34541	0,466065	0,025002
	50	2675,408	48,13526	2655,695	48,20035	0,736823	0,135224
	100	2648,509	47,38665	2641,077	47,98565	0,2806	1,264076
	150	2635,108	47,0007	2626,453	47,71317	0,328449	1,515868
	200	2621,737	46,61253	2611,83	47,39272	0,377872	1,673779
	250	2608,396	46,20897	2597,215	47,03246	0,428635	1,782107
	300	2593,466	45,76337	2582,614	46,63916	0,418417	1,913743
	350	2579,764	45,34903	2568,032	46,21844	0,454778	1,917152
	400	2566,096	44,93141	2553,471	45,77496	0,49198	1,877412
	450	2552,453	44,51039	2538,936	45,31259	0,529559	1,802276
	500	2538,853	44,08669	2524,429	44,83455	0,568118	1,696347
	550	2525,286	43,66016	2509,953	44,34352	0,60719	1,565174
	600	2507,365	43,09229	2495,508	43,8417	0,472872	1,739081
	650	2493,197	42,64601	2481,098	43,33094	0,485285	1,606084
	700	2479,064	42,19796	2466,723	42,81277	0,497828	1,456962
	750	2464,966	41,74715	2452,383	42,28845	0,510454	1,296615
	800	2450,903	41,29378	2438,082	41,75904	0,523128	1,126702
	850	2436,874	40,83794	2423,818	41,2254	0,535775	0,948786
	900	2420,633	40,30647	2409,593	40,68827	0,45609	0,947253
	950	2406,338	39,81902	2395,407	40,14825	0,454261	0,82681
	1000	2392,081	39,32478	2381,261	39,60582	0,452327	0,714668
	1050	2377,862	38,83405	2367,155	39,06141	0,45027	0,585465
	1100	2363,671	38,34537	2353,09	38,51535	0,447649	0,443296
	1150	2349,525	37,85542	2339,066	37,96794	0,445161	0,297227
	1200	2331,617	37,23205	2325,083	37,41939	0,280241	0,503178
	1250	2317,408	36,73445	2311,141	36,86992	0,270416	0,368778
	1300	2303,246	36,23589	2297,242	36,31967	0,260693	0,231216
	1350	2289,113	35,73581	2283,384	35,76879	0,250282	0,092289
	1400	2273,677	35,18702	2269,568	35,21738	0,180717	0,086282
	1450	2259,629	34,69414	2255,795	34,66553	0,169688	0,082451
	1500	2245,617	34,19981	2242,064	34,11333	0,15823	0,252872
	1550	2231,642	33,7	2228,375	33,56082	0,146373	0,412985
	1600	2217,704	33,1808	2214,73	33,00807	0,134104	0,52056
	1650	2203,804	32,66116	2201,127	32,45512	0,121455	0,63084
	1700	2189,944	32,1411	2187,568	31,902	0,108503	0,743912

**Tabel I, 8** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,3 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,3	1700	2682,5	48,33333	2669,563	48,34864	0,482272	0,031685
	1650	2675,109	48,13535	2654,959	48,20196	0,753228	0,138371
	1600	2648,213	47,38778	2640,34	47,9854	0,29731	1,26113
	1550	2634,813	47,00262	2625,714	47,71096	0,345356	1,507013
	1500	2621,444	46,61536	2611,089	47,38853	0,395006	1,658623
	1450	2608,105	46,21242	2596,473	47,02635	0,445987	1,761281
	1400	2593,176	45,76752	2581,871	46,63122	0,435945	1,88714
	1350	2579,476	45,35392	2567,288	46,20878	0,472509	1,884859
	1300	2565,81	44,9371	2552,727	45,76371	0,509907	1,839484
	1250	2552,169	44,51693	2538,191	45,2999	0,547675	1,758807
	1200	2538,571	44,09411	2523,684	44,82055	0,586418	1,647481
	1150	2525,006	43,66851	2509,208	44,32834	0,625668	1,511005
	1100	2507,088	43,10187	2494,764	43,82548	0,491576	1,678839
	1050	2492,922	42,65642	2480,354	43,3138	0,504161	1,541097
	1000	2478,792	42,20939	2465,979	42,79481	0,516911	1,386942
	950	2464,697	41,75962	2451,64	42,26978	0,529743	1,221654
	900	2450,636	41,30732	2437,339	41,73974	0,54258	1,046846
	850	2436,611	40,85255	2423,076	41,20557	0,555469	0,864135
	800	2420,372	40,32232	2408,852	40,66797	0,475952	0,857229
	750	2406,08	39,83557	2394,667	40,12755	0,474324	0,732955
	700	2391,826	39,34242	2380,522	39,58478	0,472592	0,616021
	650	2377,611	38,85242	2366,418	39,04007	0,470777	0,482989
	600	2363,423	38,36476	2352,354	38,49377	0,468357	0,336269
	550	2349,281	37,87582	2338,331	37,94614	0,466113	0,185665
	500	2331,377	37,25366	2324,349	37,39742	0,301457	0,385905
	450	2317,172	36,75702	2310,409	36,8478	0,29188	0,246981
	400	2303,014	36,25937	2296,51	36,29744	0,282407	0,104985
	350	2288,885	35,7602	2282,654	35,74646	0,272247	0,038435
	300	2273,453	35,21231	2268,839	35,19497	0,202944	0,049256
	250	2259,409	34,71983	2255,067	34,64306	0,192171	0,221122
	200	2245,401	34,22634	2241,337	34,0908	0,180972	0,396006
	150	2231,43	33,72701	2227,65	33,53826	0,169376	0,559638
	100	2217,496	33,20863	2214,006	32,98548	0,15737	0,671953
	50	2203,601	32,68975	2200,405	32,43251	0,145032	0,786907
	0	2189,744	32,1704	2186,847	31,87938	0,132304	0,904621



**Tabel I, 9** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,31 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,31	0	2682,2	48,33333	2668,839	48,35186	0,498128	0,03833
	50	2674,81	48,13543	2654,233	48,20357	0,76928	0,141551
	100	2647,917	47,38884	2639,611	47,98519	0,313664	1,258428
	150	2634,518	47,00444	2624,984	47,70884	0,361904	1,498572
	200	2621,151	46,61804	2610,358	47,38449	0,411778	1,644112
	250	2607,813	46,21568	2595,74	47,02044	0,462937	1,74132
	300	2592,887	45,77145	2581,137	46,62353	0,453146	1,861607
	350	2579,189	45,35856	2566,553	46,19944	0,489911	1,853844
	400	2565,525	44,9425	2551,992	45,75284	0,527505	1,803066
	450	2551,885	44,52314	2537,456	45,28764	0,565423	1,71708
	500	2538,289	44,10118	2522,949	44,80704	0,604349	1,600541
	550	2524,726	43,67646	2508,472	44,3137	0,643776	1,459011
	600	2506,811	43,111	2494,029	43,80984	0,509909	1,62103
	650	2492,648	42,66636	2479,619	43,29727	0,522706	1,478717
	700	2478,52	42,22031	2465,244	42,77751	0,535625	1,319747
	750	2464,427	41,77154	2450,907	42,2518	0,548623	1,149731
	800	2450,369	41,32027	2436,606	41,72118	0,561663	0,970239
	850	2436,346	40,86654	2422,344	41,18649	0,574715	0,782916
	900	2420,111	40,33752	2408,121	40,64845	0,495448	0,770828
	950	2405,822	39,85144	2393,937	40,10765	0,494023	0,642903
	1000	2391,571	39,35935	2379,793	39,56455	0,492493	0,521357
	1050	2377,359	38,87007	2365,689	39,01957	0,490881	0,384622
	1100	2363,174	38,38341	2351,626	38,47304	0,488664	0,2335
	1150	2349,036	37,89545	2337,604	37,92521	0,486666	0,078539
	1200	2331,137	37,27449	2323,623	37,37633	0,322316	0,273217
	1250	2316,935	36,77878	2309,684	36,82657	0,312947	0,129947
	1300	2302,78	36,28205	2295,787	36,27609	0,303682	0,016413
	1350	2288,655	35,78376	2281,931	35,72502	0,293776	0,164146
	1400	2273,227	35,2368	2268,118	35,17346	0,224736	0,179757
	1450	2259,187	34,7447	2254,347	34,62149	0,214221	0,354608
	1500	2245,183	34,25204	2240,619	34,06919	0,203282	0,53383
	1550	2231,216	33,7532	2226,933	33,51662	0,191949	0,700918
	1600	2217,286	33,23563	2213,29	32,96382	0,180209	0,817836
	1650	2203,395	32,71751	2199,69	32,41083	0,168139	0,937358
	1700	2189,543	32,19887	2186,133	31,85769	0,155728	1,059606

**Tabel I, 10** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,32 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
		P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,32	0	2682	48,33333	2668,124	48,35504	0,517369	0,044926
	50	2674,61	48,1355	2653,516	48,20518	0,788677	0,144754
	100	2647,719	47,38984	2638,892	47,98502	0,333375	1,255933
	150	2634,322	47,00616	2624,263	47,7068	0,381862	1,490525
	200	2620,956	46,62056	2609,635	47,38059	0,431937	1,63024
	250	2607,619	46,21887	2595,017	47,01472	0,48329	1,721925
	300	2592,694	45,77527	2580,413	46,6161	0,473692	1,836858
	350	2578,997	45,36305	2565,828	46,1904	0,510638	1,823833
	400	2565,334	44,94771	2551,266	45,74233	0,548405	1,767874
	450	2551,696	44,52912	2536,73	45,27578	0,58653	1,676799
	500	2538,101	44,10797	2522,222	44,79398	0,625617	1,55529
	550	2524,54	43,68409	2507,746	44,29956	0,665239	1,408922
	600	2506,627	43,11977	2493,302	43,79474	0,531589	1,565348
	650	2492,466	42,67589	2478,893	43,28133	0,544579	1,418698
	700	2478,34	42,23078	2464,519	42,76083	0,557687	1,255121
	750	2464,249	41,78298	2450,181	42,23447	0,570872	1,080558
	800	2450,193	41,33269	2435,881	41,70328	0,584098	0,896608
	850	2436,172	40,87997	2421,62	41,16811	0,597333	0,704847
	900	2419,94	40,35212	2407,397	40,62965	0,518304	0,687783
	950	2405,653	39,86681	2393,214	40,08849	0,517064	0,55605
	1000	2391,405	39,37573	2379,071	39,54509	0,51576	0,430114
	1050	2377,195	38,88714	2364,968	38,99985	0,514332	0,28984
	1100	2363,014	38,40145	2350,906	38,45309	0,512384	0,134483
	1150	2348,877	37,91444	2336,885	37,90509	0,510529	0,024669
	1200	2330,982	37,29464	2322,906	37,35605	0,346479	0,164663
	1250	2316,783	36,79984	2308,968	36,80617	0,337342	0,017191
	1300	2302,632	36,304	2295,071	36,25558	0,328354	0,133363
	1350	2288,509	35,80657	2281,217	35,70443	0,31864	0,285265
	1400	2273,085	35,26054	2267,405	35,1528	0,249892	0,305567
	1450	2259,048	34,76881	2253,635	34,60078	0,239617	0,483292
	1500	2245,048	34,27697	2239,908	34,04843	0,228964	0,666733
	1550	2231,085	33,77872	2226,223	33,49583	0,21792	0,837482
	1600	2217,158	33,26195	2212,581	32,94301	0,206427	0,958882
	1650	2203,271	32,74459	2198,982	32,39001	0,194652	1,082877
	1700	2189,422	32,22665	2185,426	31,83686	0,182492	1,209532

**Tabel I, 11** Validasi model production well dengan variasi laju aliran massa injeksi 0,33 kg/s

LAJU ALIRAN	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
kg/s	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
0,33	0	2682	48,33333	2667,417	48,35821	0,543723	0,051466
	50	2661,149	47,76651	2652,807	48,20679	0,313475	0,921726
	100	2647,719	47,38984	2638,181	47,98489	0,360229	1,255643
	150	2634,322	47,00616	2623,55	47,70484	0,408919	1,486353
	200	2620,956	46,62056	2608,921	47,37681	0,459189	1,62213
	250	2607,619	46,21887	2594,301	47,00918	0,51073	1,709933
	300	2592,694	45,77527	2579,696	46,60889	0,501329	1,821108
	350	2578,997	45,36305	2565,11	46,18164	0,538453	1,804522
	400	2565,334	44,94771	2550,548	45,73215	0,57639	1,745219
	450	2551,696	44,52912	2536,011	45,26431	0,614678	1,65103
	500	2538,101	44,10797	2521,504	44,78134	0,653924	1,52664
	550	2524,54	43,68409	2507,027	44,28589	0,6937	1,377621
	600	2506,627	43,11977	2492,584	43,78015	0,560249	1,531508
	650	2492,466	42,67589	2478,174	43,26593	0,573392	1,38261
	700	2478,34	42,23078	2463,801	42,74472	0,58665	1,216974
	750	2464,249	41,78298	2449,464	42,21774	0,599982	1,040525
	800	2450,193	41,33269	2435,165	41,68602	0,613353	0,854843
	850	2436,172	40,87997	2420,904	41,15039	0,626731	0,661488
	900	2419,94	40,35212	2406,682	40,61153	0,547872	0,642872
	950	2405,653	39,86681	2392,499	40,07003	0,546776	0,50974
	1000	2391,405	39,37573	2378,357	39,52634	0,545616	0,382491
	1050	2377,195	38,88714	2364,255	38,98085	0,544332	0,240988
	1100	2363,014	38,40145	2350,194	38,43389	0,542528	0,084475
	1150	2348,877	37,91444	2336,174	37,88571	0,540816	0,075776
	1200	2330,982	37,29464	2322,195	37,33653	0,376959	0,11232
	1250	2316,783	36,79984	2308,258	36,78653	0,367968	0,03618
	1300	2302,632	36,304	2294,363	36,23585	0,359126	0,187732
	1350	2288,509	35,80657	2280,509	35,68461	0,34956	0,340609
	1400	2273,085	35,26054	2266,698	35,13292	0,280977	0,361946
	1450	2259,048	34,76881	2252,929	34,58085	0,270851	0,54061
	1500	2245,048	34,27697	2239,203	34,02847	0,260347	0,724983
	1550	2231,085	33,77872	2225,519	33,47584	0,249454	0,896673
	1600	2217,158	33,26195	2211,879	32,92299	0,238113	1,019049
	1650	2203,271	32,74459	2198,281	32,36998	0,226491	1,144031
	1700	2189,422	32,22665	2184,726	31,81683	0,214485	1,271686

**Lampiran I** Validasi Model *Injection Well*



Pada tabel I,2 divariasikan nilai tekanan injeksi CO<sub>2</sub> dengan penambahan sebesar 5,8 psia dari keadaan awal 1122 psia dengan kondisi temperatur dan laju aliran massa injeksi yang konstan, Didapatkan rata-rata *error* tekanan dan temperatur masing-masing sebesar 0,6251% dan 0,9091%

**Tabel I,12** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	0	2785,3	48,33333	2772,111	48,35383	0,473539	0,04241
	50	2777,64	48,13276	2757,762	48,20631	0,715642	0,152813
	100	2749,766	47,37651	2743,398	47,98912	0,231573	1,293065
	150	2735,878	46,98748	2729,029	47,71419	0,250343	1,546593
	200	2722,022	46,5967	2714,662	47,3914	0,270388	1,705486
	250	2708,197	46,20041	2700,304	47,02896	0,291443	1,793379
	300	2692,724	45,77225	2685,961	46,63365	0,251161	1,881926
	350	2678,521	45,37337	2671,637	46,2111	0,257008	1,846311
	400	2664,353	44,97065	2657,336	45,76599	0,263361	1,768568
	450	2650,208	44,56399	2643,062	45,30217	0,269656	1,656443
	500	2636,105	44,15411	2628,816	44,82285	0,276508	1,514567
	550	2622,035	43,74092	2614,602	44,33071	0,283499	1,34836
	600	2603,446	43,17228	2600,42	43,82793	0,116223	1,518674
	650	2588,749	42,71621	2586,273	43,31634	0,095626	1,404934
	700	2574,088	42,26006	2572,163	42,79747	0,074796	1,271685
	750	2559,463	41,80159	2558,089	42,27257	0,053686	1,126707
	800	2544,874	41,34101	2544,053	41,74268	0,032255	0,97159
	850	2530,32	40,87834	2530,056	41,20865	0,010428	0,808025
	900	2513,47	40,33944	2516,099	40,6712	0,104578	0,822423
	950	2498,638	39,86258	2502,181	40,13093	0,141796	0,673181
	1000	2483,844	39,38393	2488,304	39,58832	0,179556	0,518958

**Tabel I, 12** (lanjutan)

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1122	1050	2469,087	38,90689	2474,468	39,04377	0,217925	0,351818
	1100	2454,358	38,43241	2460,673	38,49763	0,257294	0,169698
	1150	2439,673	37,95625	2446,92	37,95017	0,297036	0,016029
	1200	2421,079	37,34981	2433,208	37,40161	0,500992	0,138694
	1250	2406,323	36,8479	2419,539	36,85216	0,549231	0,011552
	1300	2391,614	36,33907	2405,913	36,30196	0,597862	0,102131
	1350	2376,935	35,82924	2392,328	35,75114	0,647617	0,217974
	1400	2360,901	35,27026	2378,787	35,19982	0,757597	0,199717
	1450	2346,309	34,76706	2365,289	34,64808	0,808921	0,342227
	1500	2331,754	34,26437	2351,834	34,09599	0,861137	0,491414
	1550	2317,236	33,76073	2338,422	33,54362	0,914266	0,643092
	1600	2302,754	33,25617	2325,053	32,99101	0,968374	0,797329
	1650	2288,312	32,7508	2311,728	32,43821	1,023305	0,954461
	1700	2273,907	32,24464	2298,447	31,88524	1,079213	1,114593

**Tabel I,13** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	0	2797	48,33333	2783,809	48,35424	0,471613	0,043258
	50	2789,31	48,13247	2769,49	48,20671	0,710583	0,154243
	100	2761,324	47,37531	2755,155	47,98953	0,223404	1,296508
	150	2747,38	46,98589	2740,815	47,71464	0,238954	1,550999
	200	2733,469	46,59476	2726,477	47,39191	0,255776	1,710813
	250	2719,589	46,19813	2712,149	47,02953	0,27357	1,79964
	300	2704,054	45,76951	2697,835	46,63429	0,229977	1,88942
	350	2689,795	45,37024	2683,541	46,21181	0,232512	1,854897
	400	2675,569	44,96714	2669,27	45,76676	0,23544	1,778238
	450	2661,368	44,56012	2655,025	45,30301	0,238345	1,667165
	500	2647,209	44,14991	2640,809	44,82376	0,241768	1,526281
	550	2633,082	43,7364	2626,624	44,33167	0,245252	1,361051

Tabel I, 13 (lanjutan)

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1127,8	600	2614,419	43,1841	2612,473	43,82895	0,07444	1,493267
	650	2599,662	42,72667	2598,356	43,31743	0,050236	1,382641
	700	2584,941	42,2694	2584,275	42,79861	0,025755	1,251986
	750	2570,256	41,80987	2570,232	42,27375	0,00095	1,109502
	800	2555,607	41,34827	2556,226	41,7439	0,024219	0,956821
	850	2540,993	40,88465	2542,259	41,20991	0,049829	0,795559
	900	2524,074	40,34469	2528,332	40,6725	0,168689	0,812532
	950	2509,181	39,86697	2514,445	40,13227	0,209774	0,665451
	1000	2494,326	39,38749	2500,598	39,58969	0,25145	0,513353
	1050	2479,508	38,90961	2486,792	39,04517	0,293781	0,348406
	1100	2464,718	38,43437	2473,028	38,49906	0,33716	0,168314
	1150	2449,972	37,95749	2459,305	37,95162	0,380963	0,015452
	1200	2431,301	37,35018	2445,625	37,4031	0,589145	0,141677
	1250	2416,484	36,86399	2431,987	36,85367	0,641533	0,028006
	1300	2401,713	36,35374	2418,391	36,30349	0,694407	0,138226
	1350	2386,972	35,84255	2404,837	35,7527	0,748458	0,250687
	1400	2370,871	35,28217	2391,327	35,2014	0,862813	0,228935
	1450	2356,216	34,77753	2377,86	34,64968	0,918588	0,367633
	1500	2341,599	34,27368	2364,436	34,09761	0,975269	0,51372
	1550	2327,019	33,76893	2351,055	33,54526	1,03292	0,662365
	1600	2312,476	33,26332	2337,718	32,99267	1,091562	0,813667
	1650	2297,972	32,75694	2324,425	32,43988	1,15113	0,967905
	1700	2283,506	32,24983	2311,175	31,88694	1,211688	1,125246

**Tabel I,14** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1133,6	0	2808,7	48,33333	2795,507	48,35464	0,469705	0,044098
	50	2800,979	48,13219	2781,217	48,2071	0,705532	0,155644
	100	2772,882	47,3741	2766,912	47,98995	0,215303	1,299966
	150	2758,883	46,98429	2752,601	47,71509	0,227697	1,555418
	200	2744,916	46,59282	2738,293	47,39241	0,241287	1,716132
	250	2730,981	46,19586	2723,994	47,0301	0,255847	1,805869
	300	2715,384	45,76678	2709,71	46,63492	0,208971	1,896882
	350	2701,068	45,36711	2695,445	46,21251	0,208185	1,863471
	400	2686,786	44,96363	2681,203	45,76753	0,207789	1,787896
	450	2672,528	44,55625	2666,988	45,30385	0,207296	1,677874
	500	2658,313	44,14571	2652,802	44,82466	0,207318	1,537981
	550	2644,13	43,73188	2638,647	44,33264	0,207364	1,373727
	600	2625,392	43,18021	2624,525	43,82997	0,033007	1,504771
	650	2610,576	42,73785	2610,439	43,3185	0,005263	1,358631
	700	2595,795	42,27941	2596,388	42,79973	0,022838	1,230672
	750	2581,05	41,81879	2582,374	42,27492	0,051305	1,090734
	800	2566,341	41,35615	2568,399	41,74511	0,080181	0,94052
	850	2551,668	40,89154	2554,462	41,21117	0,109502	0,781644
	900	2534,679	40,3505	2540,565	40,6738	0,232224	0,801218
	950	2519,725	39,87187	2526,708	40,13359	0,277144	0,65641
	1000	2504,809	39,39154	2512,892	39,59105	0,322701	0,506472
	1050	2489,931	38,91279	2499,117	39,04656	0,368921	0,34378
	1100	2475,08	38,43676	2485,383	38,50048	0,416277	0,165779
	1150	2460,273	37,95914	2471,691	37,95307	0,464105	0,015986
	1200	2441,526	37,35095	2458,041	37,40457	0,676436	0,143557
	1250	2426,647	36,86516	2444,434	36,85516	0,732979	0,027116
	1300	2411,815	36,36937	2430,869	36,30501	0,790019	0,176961
	1350	2397,012	35,85678	2417,347	35,75424	0,848329	0,285969
	1400	2380,842	35,29493	2403,867	35,20296	0,967105	0,260571
	1450	2366,126	34,78881	2390,431	34,65126	1,02721	0,39538
	1500	2351,448	34,28376	2377,038	34,09922	1,088274	0,538286
	1550	2336,806	33,77787	2363,689	33,54688	1,150407	0,683843
	1600	2322,201	33,27116	2350,383	32,99431	1,213588	0,832094
	1650	2307,635	32,76376	2337,121	32,44155	1,277753	0,983439
	1700	2293,107	32,25566	2323,903	31,88862	1,342967	1,1379

Tabel I, 15 Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1139,4	0	2820,4	48,33333	2807,206	48,35505	0,467813	0,044931
	50	2812,649	48,1319	2792,945	48,2075	0,700558	0,157058
	100	2784,44	47,3729	2778,669	47,99036	0,207271	1,303395
	150	2770,385	46,9827	2764,387	47,71554	0,216498	1,559808
	200	2756,363	46,59088	2750,108	47,39292	0,226919	1,721442
	250	2742,372	46,19359	2735,839	47,03066	0,238235	1,812089
	300	2726,714	45,76405	2721,584	46,63555	0,18814	1,904334
	350	2712,341	45,36397	2707,349	46,21321	0,18406	1,872057
	400	2698,003	44,96012	2693,137	45,7683	0,180369	1,797542
	450	2683,688	44,55239	2678,951	45,30468	0,176507	1,688546
	500	2669,416	44,14151	2664,795	44,82556	0,173119	1,549667
	550	2655,178	43,72737	2650,67	44,33359	0,169791	1,386365
	600	2636,366	43,17529	2636,578	43,83098	0,008043	1,51868
	650	2621,491	42,73959	2622,521	43,31956	0,039296	1,356996
	700	2606,65	42,29007	2608,5	42,80085	0,070986	1,20779
	750	2591,846	41,82831	2594,517	42,27608	0,103048	1,070502
	800	2577,077	41,3646	2580,572	41,74632	0,135599	0,922812
	850	2562,344	40,89897	2566,665	41,21241	0,16864	0,766378
	900	2545,286	40,35682	2552,798	40,67508	0,295149	0,78861
	950	2530,271	39,87727	2538,972	40,13491	0,343872	0,646082
	1000	2515,294	39,39606	2525,186	39,5924	0,393278	0,498367
	1050	2500,355	38,9164	2511,441	39,04794	0,443395	0,338019
	1100	2485,443	38,43958	2497,738	38,50189	0,494693	0,162096
	1150	2470,576	37,96119	2484,077	37,95451	0,546472	0,017603
	1200	2451,752	37,35208	2470,458	37,40603	0,762959	0,14444
	1250	2436,812	36,86561	2456,881	36,85665	0,823579	0,024306
	1300	2421,919	36,3779	2443,347	36,30652	0,88475	0,196219
	1350	2407,055	35,87188	2429,856	35,75577	0,947241	0,323674
	1400	2390,817	35,30853	2416,407	35,20451	1,070359	0,294591
	1450	2376,039	34,80086	2403,002	34,65284	1,134798	0,425347
	1500	2361,299	34,29458	2389,641	34,10081	1,200251	0,565019
	1550	2346,595	33,78751	2376,322	33,5485	1,266828	0,707405
	1600	2331,929	33,27969	2363,048	32,99595	1,334467	0,852607
	1650	2317,301	32,77121	2349,817	32,4432	1,403189	1,000911
	1700	2302,712	32,2621	2336,63	31,89029	1,472975	1,152459

**Tabel I,16** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1145,2	0	2832,1	48,33333	2818,904	48,35545	0,465937	0,045756
	50	2824,318	48,13572	2804,672	48,20788	0,695592	0,149914
	100	2795,998	47,37506	2790,425	47,99076	0,199306	1,299631
	150	2781,889	46,98415	2776,173	47,71598	0,205465	1,557619
	200	2767,812	46,59167	2761,924	47,39341	0,212743	1,720783
	250	2753,766	46,1938	2747,684	47,03122	0,220879	1,812833
	300	2738,046	45,76365	2733,458	46,63617	0,167555	1,906586
	350	2723,617	45,36305	2719,253	46,2139	0,160246	1,875646
	400	2709,222	44,9587	2705,07	45,76905	0,15325	1,802443
	450	2694,851	44,55051	2690,914	45,3055	0,146084	1,694686
	500	2680,523	44,13919	2676,788	44,82644	0,139352	1,557013
	550	2666,228	43,72463	2662,692	44,33454	0,132604	1,394883
	600	2647,343	43,17204	2648,631	43,83199	0,048638	1,528646
	650	2632,409	42,73598	2634,604	43,32062	0,083371	1,368029
	700	2617,51	42,29901	2620,613	42,80195	0,118544	1,189014
	750	2602,645	41,83986	2606,659	42,27723	0,154245	1,045355
	800	2587,817	41,37497	2592,744	41,74751	0,190402	0,900405
	850	2573,024	40,90823	2578,868	41,21365	0,22713	0,746588
	900	2555,897	40,36486	2565,032	40,67635	0,357396	0,771686
	950	2540,821	39,8843	2551,236	40,13622	0,409888	0,631618
	1000	2525,784	39,40213	2537,48	39,59374	0,46307	0,486283
	1050	2510,784	38,92146	2523,766	39,04931	0,517049	0,328492
	1100	2495,812	38,44376	2510,093	38,50329	0,572216	0,154841
	1150	2480,884	37,96454	2496,463	37,95593	0,627953	0,022673
	1200	2461,983	37,35444	2482,874	37,40748	0,848557	0,141994
	1250	2446,983	36,86722	2469,328	36,85812	0,91318	0,024674
	1300	2432,029	36,3788	2455,825	36,30802	0,978445	0,194573
	1350	2417,104	35,88861	2442,365	35,75729	1,045081	0,365907
	1400	2400,799	35,32367	2428,947	35,20605	1,17246	0,332964
	1450	2385,959	34,81436	2415,573	34,6544	1,241195	0,459475
	1500	2371,157	34,30677	2402,243	34,10239	1,310999	0,595743
	1550	2356,392	33,79846	2388,956	33,5501	1,381939	0,734838
	1600	2341,664	33,28945	2375,713	32,99756	1,454038	0,876811
	1650	2326,975	32,77985	2362,513	32,44484	1,527235	1,022007
	1700	2312,324	32,26966	2349,358	31,89195	1,601597	1,170483



**Tabel I,17** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1151	0	2843,7	48,33333	2830,603	48,35584	0,460578	0,046573
	50	2835,889	48,14258	2816,4	48,20827	0,687235	0,13644
	100	2807,462	47,38813	2802,182	47,99116	0,188066	1,272539
	150	2793,299	46,99549	2787,959	47,71642	0,191164	1,534049
	200	2779,168	46,6013	2773,739	47,3939	0,195344	1,700819
	250	2765,068	46,20203	2759,528	47,03177	0,200345	1,795894
	300	2749,288	45,77082	2745,333	46,63679	0,143872	1,891973
	350	2734,803	45,36931	2731,156	46,21459	0,133343	1,863099
	400	2720,353	44,9641	2717,004	45,76981	0,123125	1,791889
	450	2705,927	44,55508	2702,877	45,30632	0,112701	1,686089
	500	2691,544	44,14299	2688,781	44,82732	0,102673	1,550264
	550	2677,194	43,7277	2674,715	44,33548	0,092591	1,389912
	600	2658,236	43,1742	2660,683	43,83298	0,092061	1,525872
	650	2643,245	42,73743	2646,686	43,32167	0,130187	1,367042
	700	2628,288	42,29981	2632,725	42,80305	0,168834	1,189694
	750	2613,366	41,85649	2618,802	42,27838	0,20801	1,007939
	800	2598,478	41,39018	2604,917	41,7487	0,2478	0,866191
	850	2583,627	40,92207	2591,071	41,21487	0,288125	0,715509
	900	2566,432	40,37721	2577,265	40,67761	0,422101	0,743989
	950	2551,296	39,89543	2563,499	40,13751	0,478311	0,606794
	1000	2536,199	39,41209	2549,774	39,59506	0,535258	0,46426
	1050	2521,139	38,93016	2536,091	39,05067	0,593047	0,309561
	1100	2506,107	38,4514	2522,449	38,50467	0,652069	0,138548
	1150	2491,12	37,97118	2508,849	37,95735	0,71167	0,036433
	1200	2472,144	37,35988	2495,291	37,40892	0,936306	0,131263
	1250	2457,084	36,87176	2481,776	36,85959	1,004916	0,033017
	1300	2442,07	36,38249	2468,303	36,3095	1,074221	0,200613
	1350	2427,084	35,89155	2454,874	35,7588	1,144986	0,369868
	1400	2410,713	35,34183	2441,488	35,20758	1,276573	0,379852
	1450	2395,812	34,83067	2428,145	34,65595	1,349546	0,50164
	1500	2380,949	34,32164	2414,845	34,10396	1,423642	0,63424
	1550	2366,124	33,81196	2401,589	33,55168	1,498885	0,769776
	1600	2351,335	33,30165	2388,378	32,99917	1,575386	0,9083
	1650	2336,585	32,7908	2375,21	32,44646	1,653039	1,050104
	1700	2321,873	32,27942	2362,086	31,89359	1,731914	1,195275

**Tabel I,18** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1156,8	0	2855,4	48,33333	2842,301	48,35623	0,458748	0,047383
	50	2847,56	48,14231	2828,127	48,20865	0,682434	0,137791
	100	2819,026	47,40255	2813,939	47,99156	0,180458	1,242572
	150	2804,809	47,00806	2799,745	47,71686	0,18054	1,507828
	200	2790,624	46,61203	2785,554	47,39439	0,181665	1,678456
	250	2776,47	46,21124	2771,373	47,03232	0,183575	1,776793
	300	2760,628	45,77892	2757,207	46,6374	0,123928	1,875284
	350	2746,088	45,37644	2743,06	46,21526	0,11026	1,848591
	400	2731,582	44,97031	2728,937	45,77055	0,09683	1,779491
	450	2717,1	44,56043	2714,841	45,30713	0,083158	1,675699
	500	2702,662	44,14752	2700,773	44,8282	0,06988	1,54182
	550	2688,257	43,73146	2686,738	44,33641	0,056511	1,383325
	600	2669,225	43,177	2672,736	43,83397	0,131527	1,521575
	650	2654,176	42,73947	2658,769	43,32271	0,173036	1,364637
	700	2639,161	42,30116	2644,838	42,80414	0,215104	1,189038
	750	2624,181	41,85985	2630,945	42,27951	0,257744	1,00254
	800	2609,235	41,40664	2617,09	41,74987	0,301037	0,828935
	850	2594,325	40,93712	2603,274	41,21609	0,344947	0,681452
	900	2577,062	40,39069	2589,498	40,67886	0,482572	0,713467
	950	2561,866	39,90762	2575,763	40,1388	0,542446	0,579286
	1000	2546,708	39,42306	2562,068	39,59638	0,603141	0,439648
	1050	2531,588	38,9398	2548,415	39,05202	0,664685	0,28819
	1100	2516,495	38,45993	2534,804	38,50605	0,727547	0,119916
	1150	2501,448	37,97865	2521,234	37,95875	0,790995	0,052403
	1200	2482,396	37,3661	2507,707	37,41035	1,019633	0,118415
	1250	2467,275	36,87704	2494,223	36,86104	1,092214	0,043396
	1300	2452,201	36,38687	2480,781	36,31098	1,165499	0,208576
	1350	2437,155	35,89508	2467,383	35,76029	1,240293	0,3755
	1400	2420,717	35,35518	2454,028	35,2091	1,376064	0,41318
	1450	2405,756	34,8482	2440,716	34,65748	1,453173	0,547283
	1500	2390,831	34,33767	2427,448	34,10551	1,531541	0,676095
	1550	2375,944	33,82656	2414,223	33,55326	1,611111	0,807948
	1600	2361,094	33,31488	2401,043	33,00077	1,691949	0,942867
	1650	2346,283	32,80273	2387,906	32,44807	1,773996	1,081176
	1700	2331,511	32,29012	2374,814	31,89522	1,857277	1,222967



Tabel I,19 Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1162,6	0	2867,1	48,33333	2853,999	48,35662	0,456935	0,048185
	50	2859,231	48,14204	2839,855	48,20902	0,677673	0,139135
	100	2830,591	47,41619	2825,696	47,99196	0,172949	1,21428
	150	2816,32	47,02183	2811,531	47,71729	0,170038	1,479022
	200	2802,081	46,62384	2797,37	47,39488	0,168134	1,653739
	250	2787,873	46,22144	2783,218	47,03286	0,166978	1,75551
	300	2771,971	45,78795	2769,081	46,63801	0,104256	1,856521
	350	2757,375	45,38446	2754,964	46,21594	0,087439	1,832079
	400	2742,813	44,97737	2740,87	45,77129	0,070824	1,76516
	450	2728,276	44,56657	2726,804	45,30793	0,053967	1,663495
	500	2713,782	44,1528	2712,766	44,82906	0,03743	1,531638
	550	2699,321	43,73593	2698,761	44,33733	0,020764	1,375077
	600	2680,216	43,18047	2684,788	43,83495	0,170594	1,515685
	650	2665,109	42,74213	2670,851	43,32374	0,215457	1,360742
	700	2650,037	42,3031	2656,95	42,80522	0,260882	1,186951
	750	2634,999	41,86112	2643,087	42,28064	0,306955	1,002164
	800	2619,996	41,4164	2629,263	41,75104	0,353684	0,807992
	850	2605,027	40,95329	2615,477	41,21729	0,401148	0,644643
	900	2587,695	40,40524	2601,731	40,68011	0,54243	0,680275
	950	2572,438	39,92082	2588,026	40,14008	0,605976	0,549226
	1000	2557,22	39,43499	2574,362	39,59769	0,670349	0,412579
	1050	2542,04	38,95033	2560,74	39,05336	0,735616	0,264511
	1100	2526,888	38,46931	2547,159	38,50741	0,802205	0,099052
	1150	2511,781	37,98694	2533,62	37,96014	0,869467	0,070552
	1200	2492,652	37,37308	2520,124	37,41176	1,102112	0,103505
	1250	2477,471	36,88303	2506,67	36,86248	1,17859	0,055726
	1300	2462,336	36,39194	2493,26	36,31244	1,255862	0,218461
	1350	2447,23	35,89927	2479,892	35,76178	1,334651	0,382995
	1400	2430,726	35,35845	2466,568	35,2106	1,474528	0,418135
	1450	2415,704	34,86691	2453,287	34,65901	1,555779	0,596278
	1500	2400,719	34,35481	2440,05	34,10706	1,638298	0,721155
	1550	2385,77	33,84222	2426,857	33,55482	1,722157	0,84923
	1600	2370,859	33,32913	2413,707	33,00235	1,807296	0,980474
	1650	2355,987	32,81563	2400,602	32,44967	1,893699	1,115187
	1700	2341,153	32,30173	2387,541	31,89684	1,981435	1,253463

**Tabel I,20** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1168,4	0	2878,8	48,33333	2865,698	48,357	0,455136	0,048979
	50	2870,903	48,14176	2851,582	48,2094	0,672987	0,140492
	100	2842,157	47,41505	2837,452	47,99235	0,165536	1,217538
	150	2827,832	47,0369	2823,317	47,71772	0,159658	1,447422
	200	2813,539	46,63682	2809,185	47,39536	0,154749	1,626476
	250	2799,277	46,23271	2795,063	47,0334	0,150553	1,731872
	300	2783,315	45,79798	2780,955	46,63862	0,08478	1,835531
	350	2768,663	45,39342	2766,868	46,21661	0,064841	1,813451
	400	2754,046	44,98532	2752,804	45,77203	0,045103	1,748807
	450	2739,453	44,57358	2738,767	45,30873	0,025052	1,649296
	500	2724,904	44,1589	2724,759	44,82992	0,005318	1,519557
	550	2710,388	43,74117	2710,783	44,33825	0,01458	1,365029
	600	2691,21	43,18465	2696,841	43,83592	0,209231	1,50811
	650	2676,045	42,74547	2682,934	43,32476	0,257419	1,355216
	700	2660,915	42,30569	2669,063	42,80629	0,306209	1,183289
	750	2645,819	41,86299	2655,23	42,28175	0,355688	1,000319
	800	2630,758	41,4176	2641,435	41,7522	0,405862	0,807867
	850	2615,732	40,96958	2627,68	41,21849	0,456774	0,607547
	900	2598,331	40,4209	2613,965	40,68134	0,601682	0,644318
	950	2583,015	39,93509	2600,29	40,14134	0,668792	0,516467
	1000	2567,736	39,44793	2586,656	39,59899	0,736849	0,38293
	1050	2552,496	38,96181	2573,064	39,05468	0,805808	0,238374
	1100	2537,284	38,47959	2559,514	38,50877	0,876132	0,07583
	1150	2522,117	37,99608	2546,006	37,96152	0,947176	0,090957
	1200	2502,912	37,38086	2532,54	37,41317	1,183754	0,086429
	1250	2487,67	36,88979	2519,118	36,8639	1,264136	0,070169
	1300	2472,475	36,39773	2505,738	36,31389	1,34532	0,230348
	1350	2457,309	35,90414	2492,401	35,76325	1,42807	0,392407
	1400	2440,74	35,36237	2479,108	35,2121	1,571977	0,424953
	1450	2425,658	34,8723	2465,858	34,66052	1,657292	0,607305
	1500	2410,611	34,3731	2452,652	34,10859	1,744012	0,769526
	1550	2395,602	33,85897	2439,49	33,55637	1,832038	0,893701
	1600	2380,63	33,34441	2426,372	33,00392	1,921441	1,021145
	1650	2365,696	32,82951	2413,299	32,45126	2,012205	1,152161
	1700	2350,802	32,31429	2400,269	31,89844	2,10427	1,286878

**Tabel I,21** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1174,2	0	2890,5	48,33333	2877,396	48,35738	0,453353	0,049766
	50	2882,574	48,14149	2863,31	48,20977	0,668304	0,141822
	100	2853,723	47,4139	2849,209	47,99273	0,158184	1,220811
	150	2839,346	47,03745	2835,103	47,71815	0,149432	1,44714
	200	2824,999	46,65106	2821	47,39583	0,141544	1,596476
	250	2810,683	46,24512	2806,907	47,03394	0,134332	1,705729
	300	2794,66	45,80909	2792,83	46,63921	0,065499	1,812139
	350	2779,953	45,40341	2778,772	46,21727	0,042499	1,792511
	400	2765,281	44,99425	2764,737	45,77275	0,019664	1,730231
	450	2750,632	44,5815	2750,73	45,30952	0,003556	1,633013
	500	2736,028	44,16587	2736,752	44,83077	0,026459	1,505465
	550	2721,456	43,74724	2722,806	44,33916	0,049599	1,353044
	600	2702,205	43,18961	2708,893	43,83689	0,247515	1,498685
	650	2686,983	42,74953	2695,016	43,32578	0,298965	1,347965
	700	2671,795	42,30895	2681,175	42,80735	0,351092	1,178005
	750	2656,642	41,86551	2667,372	42,28286	0,40391	0,996884
	800	2641,523	41,41941	2653,608	41,75335	0,457501	0,806235
	850	2626,439	40,97072	2639,883	41,21968	0,511869	0,607645
	900	2608,972	40,43777	2626,198	40,68256	0,660258	0,605355
	950	2593,595	39,95049	2612,554	40,1426	0,730978	0,480865
	1000	2578,256	39,46195	2598,95	39,60028	0,802651	0,350528
	1050	2562,956	38,9743	2585,389	39,056	0,875269	0,209628
	1100	2547,684	38,49084	2571,869	38,51011	0,949297	0,050071
	1150	2532,457	38,00614	2558,392	37,96289	1,024092	0,113799
	1200	2513,176	37,3895	2544,957	37,41456	1,264569	0,06703
	1250	2497,874	36,89737	2531,565	36,86532	1,34878	0,086857
	1300	2482,619	36,4043	2518,216	36,31533	1,433844	0,244401
	1350	2467,393	35,90975	2504,91	35,76471	1,520521	0,403902
	1400	2450,757	35,36699	2491,648	35,21358	1,668506	0,433774
	1450	2435,615	34,87597	2478,429	34,66202	1,757851	0,613462
	1500	2420,509	34,38682	2465,255	34,11011	1,848609	0,804698
	1550	2405,439	33,87684	2452,124	33,55791	1,94081	0,941438
	1600	2390,406	33,36076	2439,037	33,00547	2,03444	1,064988
	1650	2375,411	32,84442	2425,995	32,45284	2,129485	1,192241
	1700	2360,456	32,32781	2412,997	31,90004	2,225887	1,323238

**Tabel I,22** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEKANAN	Elevation	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
psi	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
1180	0	2902,1	48,33333	2889,094	48,35776	0,448154	0,050545
	50	2894,145	48,14122	2875,037	48,21013	0,660227	0,143144
	100	2865,19	47,41277	2860,966	47,99312	0,147442	1,224034
	150	2850,76	47,03595	2846,889	47,71857	0,135787	1,451272
	200	2836,362	46,65544	2832,816	47,3963	0,125031	1,58795
	250	2821,993	46,2586	2818,752	47,03447	0,114846	1,677238
	300	2805,91	45,82122	2804,704	46,63981	0,04299	1,786482
	350	2791,149	45,41437	2790,675	46,21793	0,016971	1,769393
	400	2776,421	45,0041	2776,671	45,77348	0,008991	1,70957
	450	2761,718	44,5903	2762,693	45,31031	0,0353	1,614715
	500	2747,058	44,17369	2748,745	44,83162	0,061402	1,489409
	550	2732,432	43,75412	2734,828	44,34006	0,087704	1,33917
	600	2713,109	43,19532	2720,946	43,83784	0,288853	1,487483
	650	2697,829	42,7543	2707,099	43,32679	0,343596	1,339014
	700	2682,584	42,3129	2693,288	42,80841	0,399017	1,171052
	750	2667,374	41,86868	2679,515	42,28396	0,455167	0,991862
	800	2652,198	41,42184	2665,781	41,75449	0,512131	0,803073
	850	2637,058	40,97246	2652,086	41,22085	0,569874	0,606247
	900	2619,524	40,44843	2638,431	40,68378	0,72178	0,581841
	950	2604,088	39,9669	2624,817	40,14384	0,796026	0,442727
	1000	2588,69	39,47693	2611,244	39,60155	0,871269	0,315685
	1050	2573,331	38,9877	2597,713	39,05731	0,947501	0,178537
	1100	2557,999	38,50294	2584,224	38,51145	1,025225	0,022092
	1150	2542,713	38,01702	2570,777	37,96425	1,103722	0,138811
	1200	2523,357	37,39892	2557,373	37,41595	1,34806	0,045523
	1250	2507,995	36,90569	2544,012	36,86673	1,436094	0,105572
	1300	2492,68	36,41158	2530,694	36,31676	1,525029	0,260424
	1350	2477,394	35,91605	2517,419	35,76616	1,615624	0,417337
	1400	2460,694	35,37225	2504,188	35,21505	1,767558	0,444426
	1450	2445,492	34,88025	2491,001	34,66351	1,860924	0,621389
	1500	2430,327	34,39024	2477,857	34,11162	1,955711	0,810179
	1550	2415,197	33,89571	2464,758	33,55944	2,052035	0,992082
	1600	2400,103	33,37807	2451,702	33,00702	2,149882	1,11167
	1650	2385,049	32,86024	2438,691	32,4544	2,249112	1,235057
	1700	2370,033	32,34221	2425,725	31,90162	2,349838	1,362289

Pada tabel I,23, divariasikan nilai temperatur injeksi CO<sub>2</sub> dengan kenaikan sebesar 1 °C dari keadaan awal 30 °C, Kondisi laju aliran massa dan tekanan injeksi konstan, Rata-rata error model tekanan dan temperatur adalah sebesar 0,4898 % dan 0,9218 %

**Tabel I,23** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	0	2684,7	48,33333	2671,317	48,35014	0,498502	0,034777
	50	2677,303	48,13525	2656,717	48,20274	0,768902	0,140209
	100	2650,386	47,38694	2642,102	47,98538	0,312569	1,26289
	150	2636,976	47,00128	2627,48	47,7101	0,360108	1,508084
	200	2623,596	46,61345	2612,86	47,38684	0,409202	1,659147
	250	2610,246	46,21296	2598,249	47,02384	0,459616	1,754651
	300	2595,306	45,76743	2583,652	46,62793	0,449055	1,880152
	350	2581,595	45,35321	2569,073	46,20476	0,485044	1,877605
	400	2567,918	44,93575	2554,517	45,75903	0,521856	1,832131
	450	2554,265	44,51491	2539,987	45,29461	0,55899	1,751553
	500	2540,656	44,09142	2525,485	44,81472	0,597126	1,640458
	550	2527,08	43,66514	2511,014	44,32202	0,635757	1,504366
	600	2509,147	43,09761	2496,575	43,81873	0,501039	1,673218
	650	2494,969	42,65152	2482,171	43,30666	0,51297	1,536028
	700	2480,827	42,20378	2467,801	42,78734	0,525056	1,38271
	750	2466,72	41,75329	2453,468	42,26201	0,537213	1,218396
	800	2452,647	41,30026	2439,173	41,73172	0,549365	1,044693
	850	2438,61	40,84477	2424,916	41,19733	0,561561	0,863164
	900	2422,357	40,31371	2410,697	40,65954	0,481337	0,857849
	950	2408,053	39,82925	2396,518	40,11895	0,479007	0,727356
	1000	2393,786	39,33525	2382,379	39,57604	0,476521	0,612155

**Tabel I,23** (lanjutan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
30	1050	2379,558	38,84456	2368,28	39,03122	0,473941	0,480532
	1100	2365,358	38,35611	2354,222	38,48482	0,470789	0,335559
	1150	2351,203	37,86639	2340,205	37,93711	0,46776	0,186758
	1200	2333,283	37,2433	2326,229	37,38832	0,302313	0,389389
	1250	2319,065	36,74593	2312,295	36,83864	0,291933	0,252312
	1300	2304,893	36,24759	2298,402	36,28823	0,281603	0,112125
	1350	2290,751	35,74774	2284,552	35,73721	0,270619	0,029444
	1400	2275,305	35,19915	2270,743	35,1857	0,200483	0,038222
	1450	2261,248	34,70628	2256,977	34,63376	0,188862	0,208939
	1500	2247,227	34,21218	2243,254	34,08149	0,176804	0,381988
	1550	2233,243	33,71518	2229,573	33,52894	0,164338	0,552389
	1600	2219,295	33,19607	2215,935	32,97616	0,151406	0,662467
	1650	2205,387	32,67652	2202,34	32,42318	0,138175	0,77529
	1700	2191,517	32,15652	2188,788	31,87005	0,124542	0,890863

**Tabel I,24** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	0	2682,7	48,33333	2669,243	48,35006	0,501606	0,034614
	50	2675,309	48,1353	2654,639	48,20266	0,772632	0,139946
	100	2648,411	47,38715	2640,018	47,98531	0,316904	1,262273
	150	2635,01	47,00155	2625,391	47,71001	0,365038	1,507316
	200	2621,64	46,61379	2610,766	47,38674	0,414772	1,658196
	250	2608,299	46,21055	2596,15	47,02373	0,465796	1,759721
	300	2593,37	45,76526	2581,547	46,62781	0,455886	1,884717
	350	2579,668	45,35125	2566,963	46,20463	0,492488	1,88171
	400	2566,001	44,93398	2552,402	45,75888	0,52996	1,835813
	450	2552,359	44,51333	2537,867	45,29445	0,5678	1,754803
	500	2538,759	44,09002	2523,36	44,81455	0,606571	1,643292
	550	2525,193	43,66391	2508,883	44,32184	0,645885	1,506802



**Tabel I,25** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
31	600	2507,273	43,09658	2494,439	43,81853	0,511865	1,675193
	650	2493,106	42,65067	2480,029	43,30645	0,524518	1,537568
	700	2478,974	42,20307	2465,655	42,78712	0,537295	1,383904
	750	2464,877	41,75272	2451,316	42,26179	0,550151	1,219239
	800	2450,815	41,29982	2437,016	41,73149	0,563051	1,045205
	850	2436,788	40,84445	2422,753	41,19709	0,575962	0,863364
	900	2420,547	40,31353	2408,529	40,65929	0,49649	0,857684
	950	2406,253	39,82643	2394,345	40,1187	0,494885	0,733848
	1000	2391,997	39,33267	2380,2	39,57578	0,493174	0,61809
	1050	2377,78	38,84226	2366,096	39,03095	0,49138	0,485794
	1100	2363,59	38,35403	2352,033	38,48454	0,48898	0,34029
	1150	2349,446	37,86453	2338,01	37,93683	0,486755	0,190945
	1200	2331,54	37,24169	2324,029	37,38804	0,322162	0,392969
	1250	2317,332	36,74451	2310,089	36,83836	0,312561	0,255403
	1300	2303,171	36,24635	2296,191	36,28794	0,303064	0,114743
	1350	2289,04	35,74667	2282,335	35,73692	0,292923	0,027282
	1400	2273,606	35,19825	2268,521	35,1854	0,223653	0,036521
	1450	2259,559	34,70556	2254,749	34,63346	0,212853	0,207747
	1500	2245,549	34,2116	2241,02	34,08118	0,20167	0,381202
	1550	2231,576	33,71204	2227,334	33,52863	0,190091	0,544053
	1600	2217,639	33,1932	2213,69	32,97584	0,178056	0,654831
	1650	2203,741	32,67389	2200,09	32,42286	0,165689	0,768283
	1700	2189,882	32,15414	2186,532	31,86973	0,152975	0,884534

**Tabel I,26** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
32	0	2680,4	48,33333	2666,978	48,34997	0,500733	0,034435
	50	2673,015	48,13536	2652,368	48,20258	0,772424	0,139648
	100	2646,139	47,38739	2637,742	47,98522	0,317342	1,261576
	150	2632,749	47,00187	2623,109	47,70992	0,366151	1,506422
	200	2619,389	46,61417	2608,478	47,38663	0,416531	1,657139
	250	2606,06	46,20784	2593,856	47,02361	0,468284	1,765431
	300	2591,143	45,76283	2579,248	46,62767	0,459061	1,889835
	350	2577,453	45,34905	2564,659	46,20448	0,496397	1,886327
	400	2563,797	44,93201	2550,092	45,75872	0,534573	1,839917
	450	2550,166	44,51157	2535,55	45,29428	0,573124	1,758431
	500	2536,578	44,08847	2521,038	44,81436	0,612655	1,646436
	550	2523,023	43,66254	2506,555	44,32164	0,652697	1,509523
	600	2505,118	43,09545	2492,106	43,81832	0,519436	1,677361
	650	2490,963	42,64973	2477,69	43,30623	0,532855	1,539277
	700	2476,843	42,20229	2463,309	42,78688	0,546406	1,385218
	750	2462,758	41,7521	2448,965	42,26154	0,560047	1,220152
	800	2448,708	41,29935	2434,659	41,73123	0,57374	1,045737
	850	2434,692	40,84412	2420,39	41,19682	0,587413	0,863533
	900	2418,466	40,31336	2406,161	40,65902	0,508808	0,857435
	950	2404,184	39,82326	2391,97	40,11842	0,508016	0,741165
	1000	2389,94	39,32978	2377,82	39,5755	0,507128	0,624757
	1050	2375,735	38,83968	2363,71	39,03066	0,506167	0,491716
	1100	2361,558	38,3517	2349,64	38,48425	0,504652	0,345607
	1150	2347,426	37,86244	2335,612	37,93653	0,503281	0,195672
	1200	2329,535	37,23988	2321,625	37,38773	0,339569	0,397017
	1250	2315,34	36,74292	2307,679	36,83804	0,330884	0,258884
	1300	2301,191	36,24496	2293,775	36,28762	0,32227	0,1177
	1350	2287,073	35,74547	2279,913	35,73659	0,313067	0,024833
	1400	2271,651	35,19726	2266,093	35,18507	0,244666	0,034644
	1450	2257,617	34,70476	2252,315	34,63313	0,234828	0,206408
	1500	2243,62	34,21097	2238,58	34,08085	0,22462	0,380355
	1550	2229,658	33,7085	2224,888	33,52829	0,213937	0,534624
	1600	2215,734	33,18994	2211,238	32,97549	0,202901	0,646116
	1650	2201,849	32,67092	2197,631	32,42251	0,191545	0,760334
	1700	2188,002	32,15144	2184,068	31,86937	0,17981	0,877312



**Tabel I,27** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
33	0	2678	48,33333	2664,537	48,34988	0,50272	0,034243
	50	2670,621	48,13542	2649,921	48,20249	0,775111	0,139336
	100	2643,768	47,38764	2635,288	47,98512	0,320742	1,260843
	150	2630,389	47,0022	2620,65	47,70981	0,370261	1,50549
	200	2617,041	46,61457	2606,013	47,38652	0,421398	1,65602
	250	2603,723	46,20507	2591,384	47,02348	0,47388	1,771253
	300	2588,819	45,76033	2576,77	46,62753	0,465418	1,895087
	350	2575,141	45,3468	2562,175	46,20432	0,503524	1,891031
	400	2561,497	44,92999	2547,601	45,75855	0,54248	1,844106
	450	2547,878	44,50978	2533,054	45,29408	0,581819	1,762096
	500	2534,302	44,08688	2518,535	44,81415	0,622147	1,649637
	550	2520,759	43,66115	2504,046	44,32142	0,662997	1,512255
	600	2502,87	43,0943	2489,59	43,81809	0,530573	1,679538
	650	2488,727	42,64878	2475,168	43,30598	0,544798	1,540968
	700	2474,62	42,20151	2460,782	42,78663	0,559205	1,386488
	750	2460,547	41,75148	2446,432	42,26127	0,573672	1,221019
	800	2446,509	41,29889	2432,119	41,73096	0,5882	1,046195
	850	2432,506	40,8438	2417,844	41,19654	0,602759	0,863626
	900	2416,294	40,31188	2403,608	40,65873	0,525024	0,860411
	950	2402,025	39,81999	2389,411	40,11812	0,525129	0,748682
	1000	2387,794	39,3268	2375,254	39,57519	0,52515	0,631597
	1050	2373,602	38,83702	2361,138	39,03035	0,525109	0,497786
	1100	2359,437	38,34931	2347,062	38,48392	0,524482	0,351021
	1150	2345,318	37,86029	2333,027	37,9362	0,524053	0,200495
	1200	2327,443	37,23803	2319,034	37,38739	0,361313	0,401107
	1250	2313,261	36,74129	2305,082	36,8377	0,353591	0,262407
	1300	2299,126	36,24354	2291,171	36,28728	0,345996	0,12067
	1350	2285,02	35,74426	2277,303	35,73624	0,337737	0,022429
	1400	2269,613	35,19625	2263,476	35,18471	0,270385	0,032785
	1450	2255,591	34,70396	2249,692	34,63277	0,261517	0,205145
	1500	2241,606	34,21034	2235,951	34,08048	0,252289	0,379587
	1550	2227,658	33,70483	2222,252	33,52792	0,24269	0,524889
	1600	2213,747	33,18659	2208,595	32,97512	0,232706	0,637213
	1650	2199,874	32,66786	2194,982	32,42213	0,222369	0,752196
	1700	2186,041	32,14866	2181,412	31,86899	0,211758	0,86993

**Tabel I,28** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
34	0	2675,4	48,33333	2661,931	48,34978	0,503452	0,034036
	50	2668,028	48,13548	2647,308	48,20239	0,776614	0,139011
	100	2641,199	47,38791	2632,669	47,98502	0,322967	1,260054
	150	2627,833	47,00256	2618,024	47,7097	0,373287	1,504478
	200	2614,497	46,61417	2603,38	47,38639	0,425196	1,656629
	250	2601,192	46,20212	2588,745	47,02334	0,478498	1,777452
	300	2586,302	45,75769	2574,124	46,62737	0,470847	1,900629
	350	2572,637	45,34442	2559,522	46,20415	0,509779	1,896002
	400	2559,006	44,92786	2544,943	45,75836	0,549568	1,848518
	450	2545,4	44,50788	2530,388	45,29388	0,589751	1,765983
	500	2531,836	44,0852	2515,863	44,81393	0,630895	1,653015
	550	2518,306	43,65968	2501,368	44,32118	0,672608	1,515138
	600	2500,435	43,0931	2486,905	43,81784	0,541105	1,681795
	650	2486,305	42,64778	2472,476	43,30572	0,556192	1,542738
	700	2472,211	42,2007	2458,083	42,78636	0,571472	1,387787
	750	2458,152	41,75085	2443,726	42,26099	0,586861	1,221866
	800	2444,127	41,29842	2429,406	41,73066	0,602282	1,046631
	850	2430,138	40,84349	2415,125	41,19623	0,617786	0,863646
	900	2413,941	40,30809	2400,882	40,65841	0,540973	0,869116
	950	2399,686	39,81653	2386,679	40,11779	0,542036	0,756628
	1000	2385,469	39,32365	2372,515	39,57486	0,543025	0,638818
	1050	2371,29	38,83422	2358,392	39,03001	0,543922	0,504163
	1100	2357,14	38,34678	2344,309	38,48358	0,54433	0,356743
	1150	2343,034	37,85802	2330,268	37,93585	0,544863	0,205575
	1200	2325,178	37,23608	2316,267	37,38704	0,383231	0,405405
	1250	2311,009	36,73958	2302,308	36,83734	0,376493	0,266084
	1300	2296,888	36,24206	2288,391	36,28691	0,369938	0,12374
	1350	2282,796	35,74299	2274,516	35,73587	0,362731	0,019925
	1400	2267,404	35,19521	2260,682	35,18433	0,296448	0,030911
	1450	2253,397	34,70313	2246,891	34,63238	0,288704	0,203868
	1500	2239,426	34,2097	2233,143	34,08009	0,28057	0,378863
	1550	2225,491	33,70094	2219,437	33,52752	0,272034	0,514578
	1600	2211,594	33,18302	2205,774	32,97472	0,263171	0,627727
	1650	2197,736	32,66461	2192,153	32,42173	0,254015	0,743559
	1700	2183,916	32,14571	2178,576	31,86858	0,244508	0,862105

**Tabel I,29** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
35	0	2672,6	48,33333	2659,166	48,34967	0,50266	0,033817
	50	2665,235	48,13555	2644,536	48,20229	0,776626	0,138652
	100	2638,433	47,3882	2629,89	47,98492	0,32378	1,259208
	150	2625,08	47,00294	2615,238	47,70959	0,374915	1,503409
	200	2611,758	46,61063	2600,588	47,38626	0,427687	1,664069
	250	2598,466	46,19903	2585,946	47,02319	0,481823	1,783942
	300	2583,591	45,75492	2571,318	46,62721	0,47503	1,90644
	350	2569,94	45,34193	2556,709	46,20397	0,514839	1,901198
	400	2556,323	44,92563	2542,122	45,75816	0,555516	1,85313
	450	2542,731	44,5059	2527,561	45,29367	0,596596	1,770025
	500	2529,181	44,08346	2513,028	44,8137	0,638647	1,6565
	550	2515,665	43,65816	2498,526	44,32094	0,681279	1,518103
	600	2497,812	43,09186	2484,057	43,81757	0,550698	1,68411
	650	2483,697	42,64677	2469,621	43,30545	0,566741	1,544493
	700	2469,617	42,19989	2455,22	42,78607	0,582948	1,389047
	750	2455,572	41,75021	2440,856	42,26069	0,599275	1,222695
	800	2441,562	41,29796	2426,53	41,73035	0,615686	1,046999
	850	2427,587	40,8432	2412,241	41,19591	0,632151	0,86357
	900	2411,407	40,30407	2397,991	40,65808	0,556351	0,87835
	950	2397,167	39,81285	2383,781	40,11745	0,558427	0,765081
	1000	2382,965	39,32031	2369,61	39,57451	0,560443	0,646474
	1050	2368,802	38,83125	2355,479	39,02965	0,562421	0,510926
	1100	2354,666	38,34411	2341,389	38,48321	0,563838	0,362776
	1150	2340,576	37,85563	2327,341	37,93547	0,565478	0,210915
	1200	2322,738	37,23403	2313,333	37,38666	0,404918	0,409913
	1250	2308,585	36,73778	2299,367	36,83695	0,399311	0,269946
	1300	2294,478	36,2405	2285,442	36,28651	0,393815	0,126967
	1350	2280,401	35,74166	2271,559	35,73547	0,387724	0,017319
	1400	2265,026	35,19412	2257,719	35,18393	0,322612	0,028962
	1450	2251,033	34,70227	2243,92	34,63197	0,315968	0,202574
	1500	2237,077	34,20904	2230,165	34,07968	0,308994	0,378153
	1550	2223,158	33,69679	2216,451	33,5271	0,301676	0,503571
	1600	2209,276	33,17923	2202,781	32,9743	0,294002	0,617656
	1650	2195,432	32,66116	2189,153	32,4213	0,286004	0,73439
	1700	2181,628	32,14258	2175,568	31,86815	0,277762	0,853803

**Tabel I,30** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
36	0	2669,7	48,33333	2656,247	48,34956	0,503902	0,033585
	50	2662,343	48,13562	2641,61	48,20218	0,778741	0,138281
	100	2635,568	47,3885	2626,957	47,9848	0,326717	1,258328
	150	2622,229	47,00334	2612,298	47,70946	0,378733	1,502282
	200	2608,921	46,60704	2597,64	47,38612	0,432397	1,671603
	250	2595,643	46,19591	2582,991	47,02304	0,487436	1,790481
	300	2580,784	45,75213	2568,356	46,62704	0,48157	1,912276
	350	2567,147	45,33943	2553,739	46,20378	0,522287	1,906394
	400	2553,545	44,9234	2539,145	45,75795	0,563921	1,857718
	450	2539,967	44,50392	2524,577	45,29344	0,605931	1,774039
	500	2526,432	44,08172	2510,036	44,81346	0,648961	1,659954
	550	2512,93	43,65665	2495,527	44,32067	0,692544	1,521013
	600	2495,095	43,09063	2481,05	43,8173	0,562917	1,686367
	650	2480,996	42,64577	2466,606	43,30515	0,579989	1,546187
	700	2466,931	42,19909	2452,199	42,78576	0,597197	1,390242
	750	2452,901	41,7496	2437,827	42,26037	0,614537	1,223409
	800	2438,906	41,29753	2423,493	41,73002	0,631973	1,047249
	850	2424,946	40,84294	2409,197	41,19557	0,649475	0,863374
	900	2408,783	40,29999	2394,939	40,65773	0,574724	0,887688
	950	2394,559	39,80913	2380,721	40,11709	0,577892	0,773587
	1000	2380,372	39,31693	2366,543	39,57413	0,580971	0,654183
	1050	2366,224	38,82824	2352,405	39,02927	0,584026	0,517741
	1100	2352,104	38,3414	2338,307	38,48283	0,586575	0,368859
	1150	2338,029	37,85322	2324,251	37,93508	0,589318	0,216253
	1200	2320,211	37,23197	2310,235	37,38626	0,429953	0,414389
	1250	2306,073	36,73598	2296,261	36,83654	0,425474	0,273747
	1300	2291,982	36,23895	2282,329	36,2861	0,421164	0,130105
	1350	2277,921	35,74034	2268,439	35,73505	0,416273	0,014804
	1400	2262,563	35,19304	2254,59	35,1835	0,352374	0,027108
	1450	2248,586	34,70143	2240,784	34,63154	0,346962	0,201406
	1500	2234,645	34,2084	2227,021	34,07924	0,34119	0,377571
	1550	2220,742	33,69258	2213,3	33,52666	0,335135	0,492456
	1600	2206,875	33,17538	2199,621	32,97385	0,328694	0,607477
	1650	2193,047	32,65765	2185,986	32,42085	0,32199	0,725113
	1700	2179,259	32,1394	2172,393	31,86769	0,315059	0,845423

**Tabel I,31** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
37	0	2666,6	48,33333	2653,177	48,34944	0,503363	0,033341
	50	2659,251	48,1357	2638,533	48,20207	0,779107	0,137877
	100	2632,506	47,38883	2623,872	47,98468	0,327983	1,257371
	150	2619,181	47,00377	2609,205	47,70933	0,380892	1,501075
	200	2605,888	46,6033	2594,539	47,38598	0,435498	1,67945
	250	2592,625	46,19266	2579,882	47,02288	0,491491	1,797289
	300	2577,783	45,74922	2565,24	46,62685	0,486598	1,91836
	350	2564,162	45,33682	2550,615	46,20358	0,528312	1,911815
	400	2550,574	44,92107	2536,013	45,75773	0,570878	1,862508
	450	2537,012	44,50187	2521,437	45,2932	0,613907	1,778186
	500	2523,492	44,07992	2506,889	44,8132	0,657931	1,663517
	550	2510,006	43,65509	2492,372	44,3204	0,702557	1,524007
	600	2492,192	43,08937	2477,887	43,817	0,574002	1,68866
	650	2478,108	42,64475	2463,436	43,30484	0,592076	1,547892
	700	2464,06	42,19828	2449,02	42,78544	0,610378	1,391423
	750	2450,046	41,74899	2434,64	42,26003	0,628785	1,224082
	800	2436,067	41,29711	2420,298	41,72967	0,647301	1,047431
	850	2422,122	40,84269	2405,994	41,19521	0,665853	0,863109
	900	2405,979	40,2957	2391,729	40,65736	0,592281	0,897507
	950	2391,771	39,80523	2377,503	40,11671	0,596555	0,782502
	1000	2377,601	39,31338	2363,316	39,57374	0,600795	0,662277
	1050	2363,469	38,8251	2349,17	39,02887	0,604984	0,52484
	1100	2349,366	38,33858	2335,065	38,48242	0,608722	0,375177
	1150	2335,307	37,8507	2321	37,93466	0,612627	0,221825
	1200	2317,51	37,22981	2306,977	37,38583	0,454504	0,419077
	1250	2303,389	36,7341	2292,995	36,83611	0,451256	0,277706
	1300	2289,315	36,23733	2279,054	36,28566	0,448192	0,133374
	1350	2275,27	35,73897	2265,156	35,7346	0,44452	0,012214
	1400	2259,93	35,19193	2251,3	35,18305	0,38189	0,025234
	1450	2245,97	34,70057	2237,485	34,63108	0,377773	0,200247
	1500	2232,046	34,20432	2223,714	34,07878	0,373312	0,367038
	1550	2218,159	33,68817	2209,984	33,52619	0,368538	0,480819
	1600	2204,309	33,17135	2196,298	32,97337	0,363441	0,596829
	1650	2190,498	32,65399	2182,654	32,42037	0,358098	0,715453
	1700	2176,726	32,13609	2169,053	31,8672	0,352499	0,836718



**Tabel I,32** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
38	0	2663,4	48,33333	2649,957	48,34932	0,504738	0,033083
	50	2656,059	48,13578	2635,304	48,20195	0,781419	0,137461
	100	2629,345	47,38916	2620,635	47,98456	0,331252	1,256401
	150	2616,035	47,00421	2605,96	47,70919	0,385121	1,499833
	200	2602,757	46,59953	2591,287	47,38583	0,440699	1,687347
	250	2589,51	46,18938	2576,622	47,0227	0,497713	1,804146
	300	2574,685	45,7463	2561,971	46,62666	0,493823	1,924446
	350	2561,08	45,3342	2547,338	46,20336	0,536565	1,917236
	400	2547,509	44,91875	2532,728	45,7575	0,580209	1,86725
	450	2533,962	44,49982	2518,144	45,29294	0,624251	1,782306
	500	2520,458	44,07813	2503,588	44,81292	0,669339	1,667028
	550	2506,988	43,65355	2489,062	44,32011	0,715042	1,526922
	600	2489,195	43,08813	2474,569	43,81669	0,587589	1,690871
	650	2475,128	42,64376	2460,109	43,30452	0,606777	1,549489
	700	2461,096	42,1975	2445,685	42,7851	0,626167	1,392492
	750	2447,098	41,74841	2431,298	42,25968	0,645675	1,22464
	800	2433,136	41,29672	2416,947	41,7293	0,665345	1,047497
	850	2419,208	40,84249	2402,635	41,19483	0,685065	0,862674
	900	2403,084	40,29136	2388,361	40,65697	0,612665	0,907406
	950	2388,893	39,80128	2374,127	40,11631	0,618123	0,791496
	1000	2374,74	39,3098	2359,932	39,57333	0,623561	0,670399
	1050	2360,626	38,82192	2345,778	39,02845	0,629004	0,531991
	1100	2346,539	38,33573	2331,664	38,48199	0,633927	0,38152
	1150	2332,498	37,84817	2317,591	37,93423	0,639117	0,227369
	1200	2314,723	37,22765	2303,559	37,38539	0,482316	0,423708
	1250	2300,619	36,73222	2289,568	36,83566	0,480339	0,281606
	1300	2286,562	36,23572	2275,619	36,2852	0,478561	0,136554
	1350	2272,534	35,73762	2261,712	35,73414	0,476191	0,009742
	1400	2257,213	35,19084	2247,847	35,18258	0,414917	0,023482
	1450	2243,27	34,69973	2234,025	34,6306	0,412136	0,199213
	1500	2229,363	34,19944	2220,244	34,07829	0,409028	0,354242
	1550	2215,493	33,68369	2206,506	33,5257	0,405625	0,469043
	1600	2201,661	33,16727	2192,811	32,97288	0,40196	0,586102
	1650	2187,867	32,65028	2179,159	32,41986	0,398022	0,705713
	1700	2174,112	32,13273	2165,549	31,86669	0,393846	0,827934

**Tabel I,33** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
39	0	2660,1	48,33333	2646,586	48,34919	0,508042	0,032814
	50	2652,768	48,13586	2631,924	48,20182	0,785729	0,137032
	100	2626,085	47,38951	2617,247	47,98443	0,336539	1,255376
	150	2612,791	47,0013	2602,564	47,70905	0,391435	1,505811
	200	2599,529	46,59577	2587,882	47,38567	0,448053	1,695208
	250	2586,297	46,18612	2573,208	47,02252	0,506081	1,810941
	300	2571,491	45,7434	2558,549	46,62646	0,503299	1,930467
	350	2557,902	45,33161	2543,908	46,20314	0,5471	1,922567
	400	2544,347	44,91644	2529,289	45,75725	0,591815	1,871944
	450	2530,817	44,49779	2514,696	45,29268	0,63698	1,786352
	500	2517,33	44,07637	2500,132	44,81264	0,683203	1,670438
	550	2503,876	43,65203	2485,597	44,3198	0,730015	1,529758
	600	2486,104	43,08692	2471,096	43,81637	0,603695	1,692976
	650	2472,054	42,6428	2456,628	43,30418	0,624032	1,550977
	700	2458,039	42,19676	2442,195	42,78474	0,644583	1,393425
	750	2444,059	41,74788	2427,799	42,25931	0,665306	1,225036
	800	2430,114	41,29638	2413,439	41,72892	0,686166	1,047396
	850	2416,203	40,84089	2399,118	41,19443	0,70709	0,865651
	900	2400,098	40,287	2384,836	40,65656	0,635898	0,917309
	950	2385,925	39,7973	2370,593	40,11588	0,642616	0,800518
	1000	2371,791	39,3062	2356,389	39,5729	0,649372	0,678522
	1050	2357,694	38,81874	2342,226	39,02801	0,656065	0,53909
	1100	2343,625	38,33288	2328,103	38,48154	0,662296	0,387808
	1150	2329,601	37,84564	2314,021	37,93377	0,668767	0,232857
	1200	2311,848	37,22551	2299,981	37,38492	0,513327	0,428226
	1250	2297,762	36,73036	2285,981	36,83519	0,512703	0,285391
	1300	2283,723	36,23413	2272,024	36,28472	0,512296	0,139617
	1350	2269,713	35,73628	2258,108	35,73365	0,511312	0,007363
	1400	2254,411	35,18978	2244,234	35,18208	0,451436	0,021881
	1450	2240,486	34,69892	2230,402	34,6301	0,450078	0,198334
	1500	2226,596	34,19449	2216,613	34,07778	0,448366	0,341308
	1550	2212,745	33,67916	2202,866	33,52518	0,446466	0,457188
	1600	2198,93	33,16314	2189,162	32,97235	0,444233	0,575296
	1650	2185,154	32,64653	2175,5	32,41933	0,441791	0,695926
	1700	2171,417	32,12935	2161,882	31,86616	0,439129	0,819164

**Tabel I,34** Validasi model *production well* dengan variasi tekanan

TEMPERATUR	ELEVASI	SIMULASI PIPESIM		PEMODELAN BEGGS BRILL		ERROR	
C	m	P out	T out	P out	T out	% error P	% error T
40	0	2656,5	48,33333	2643,063	48,34905	0,505831	0,032531
	50	2649,177	48,13595	2628,393	48,20169	0,784557	0,136571
	100	2622,529	47,38988	2613,707	47,98429	0,336406	1,254294
	150	2609,252	46,99665	2599,014	47,7089	0,392363	1,515534
	200	2596,007	46,59178	2584,324	47,3855	0,450055	1,703556
	250	2582,793	46,18266	2569,641	47,02233	0,509208	1,81816
	300	2568,006	45,74032	2554,973	46,62625	0,507523	1,93687
	350	2554,435	45,32887	2540,323	46,20291	0,552455	1,928212
	400	2540,898	44,91402	2525,695	45,75699	0,598315	1,876863
	450	2527,386	44,49566	2511,094	45,2924	0,644637	1,790599
	500	2513,917	44,07452	2496,52	44,81234	0,692032	1,674026
	550	2500,48	43,65046	2481,977	44,31948	0,739988	1,532678
	600	2482,733	43,08568	2467,466	43,81603	0,614931	1,695117
	650	2468,702	42,64182	2452,989	43,30382	0,636489	1,552474
	700	2454,705	42,19601	2438,547	42,78437	0,658235	1,394343
	750	2440,744	41,74736	2424,142	42,25892	0,680209	1,225366
	800	2426,817	41,29607	2409,774	41,72851	0,702294	1,047178
	850	2412,925	40,83574	2395,443	41,19401	0,724498	0,877351
	900	2396,842	40,28236	2381,152	40,65613	0,654617	0,927868
	950	2382,688	39,79308	2366,9	40,11544	0,662631	0,8101
	1000	2368,573	39,30238	2352,687	39,57245	0,6707	0,687157
	1050	2354,496	38,81537	2338,515	39,02755	0,678763	0,546629
	1100	2340,446	38,32987	2324,383	38,48107	0,686338	0,394461
	1150	2326,442	37,84297	2310,292	37,93329	0,694213	0,238658
	1200	2308,713	37,22325	2296,242	37,38443	0,54019	0,433009
	1250	2294,646	36,72841	2282,233	36,83469	0,540957	0,289361
	1300	2280,626	36,23247	2268,266	36,28421	0,541959	0,14281
	1350	2266,636	35,7349	2254,341	35,73314	0,542446	0,004937
	1400	2251,355	35,18869	2240,457	35,18156	0,484042	0,020262
	1450	2237,449	34,6981	2226,616	34,62957	0,484149	0,197494
	1500	2223,579	34,1892	2212,818	34,07725	0,483964	0,32745
	1550	2209,747	33,67433	2199,061	33,52464	0,483566	0,444516
	1600	2195,951	33,15874	2185,348	32,97181	0,482853	0,563753
	1650	2182,195	32,64254	2171,677	32,41878	0,481996	0,685484
	1700	2168,478	32,12575	2158,049	31,8656	0,48094	0,809793



**LAMPIRAN J Codingan MATLAB Fungsi Objektif**

```

function profit=fobjCO2egr (x)
%optimized variable
minj=x(1) %laju aliran massa injeksi (kg/s)
pinj=x(2) %tekanan injeksi (psia)
tinj=x(3) %temperatur injeksi (C)

%Parameter model injection well
dwell=0.127; %diameter well (m)
g=9.8; %percepatan gravitasi (m/s2)
gc=1; %faktor gravitasi (kg m/N s2)
depth=1700; %kedalaman sumur (m) % DIGANTI
thick=0.0053848; %ketebalan dinding (m)
rough=0.0000675; %kekasaran dinding (m)
trev=38.889; %temperatur reservoir (C) % DIGANTI
tling=31; %temperatur lingkungan (C)

%INJECTION WELL

mjci= 750.159157983176-15.4538661097692*tinj+0.294070293859911*pinj;
%massa jenis CO2 injection well (kg/m3)
volci= minj/mjci; %Volume flowrate CO2 (m3/s)
viscoci= 0.000074101376759184+2.44308946085363E-08*pinj+-
1.22646600912301E-06*tinj; %viscositas CO2 injection well (kg/ms)
vlci= volci/(3.14*((dwell^2)/4)); %velocity CO2 injection well (m/s)
Gammai=0.07275*(1-0.002*((tinj+273)-291)); % Surface Tension
LVNi=vlci*(mjci/(g*Gammai)^0.25);%Liquid Velocity Number CO2
NFRi=(vlci^2)/(g*dwell); %Froude Number CO2 Injection

% Mentukan Pola Aliran
lambdai=1;
Eksi=log(lambdai);
L1i=exp(-4.62-(3.757*Eksi)-(0.481*Eksi^2)-(0.0207*Eksi^3));
L2i=exp(1.061-(4.602*Eksi)-(1.609*Eksi^2)-(0.179*Eksi^3)+(0.635*(10^-
3)*Eksi^5));
if ((NFRi<L1i)) || ((NFRi<L2i))
    pola = 1; % 1=segregated
elseif ((NFRi>L1i) &&(NFRi>L2i))
    pola = 2;% 2=distributed
else
    pola=3; % 3=intermittent
end
Hlsci=(0.98*(lambdai^0.4846)/(NFRi^0.0868));
Hlici=(0.84*(lambdai^0.5351)/(NFRi^0.0173));
Hldci=(1.06*(lambdai^0.5824)/(NFRi^0.0609));
%Nilai C Aliran

```

```

Csi=(1-lambdai)*log((4.7*LVNi^0.0868)/((lambdai^0.3692)*(NFRi^0.5056)));
Cii=(1-lambdai)*log((4.7*LVNi^0.1244)/((lambdai^0.3692)*(NFRi^0.5056)));
Cdi=(1-
lambdai)*log((4.7*LVNi^0.1244)/((lambdai^0.3692)*(NFRi^0.5056)));
if pola == 1
    HLI = Hlsci;
    Ci = Csi;
elseif pola == 2
    HLI = Hldci;
    Ci = Cdi;
else HLI = Hlici;
    Ci = Cii;
end

PSIi=1+Ci*(sin(1.8*-90)-((1/3)*sin(-90)^3));
HLItetha = HLI * PSIi;
yi = lambdai/(HLItetha^2);
Si = (log(yi))/(-0.0523+3.812*log(yi)-
0.8725*(log(yi)^2)+0.01853*(log(yi)^4));

NREi = mjci*vlci*dwell/viscoci;
fnsi = (2*log10(NREi/(((4.5223*log10(NREi))-3.8215))))^(-2);
ftpi = exp(Si)*fnsi;

%Pressure Drop
pdfi = (ftpi*minj*vlci^2)/(2*gc*dwell)
pdei = (g*mjci)/gc;
pdtoti = (pdfi+pdei)*0.0000442075*depth*3.28084;

%heat transfer CO2 injection well
Kci=-8.62245548121198E-06*pinj+(0.00165497333443547*tinj)-
0.00120940124857462; %Konduktivitas Thermal CO2 injection well (W/mK)
Cpci= (22.9307000677034+-0.100097810122466*tinj+-
0.00261700285458468*pinj)*1000;%Heat capacity CO2 injection well (kJ/kgK)
NPrCi=Cpci*viscoci/Kci;%Prandlt Number CO2 injection well
NNuci=0.023*(NREi^0.8)*(NPrCi^0.3);%Nuselt Number CO2 injection well
hci=NNuci*Kci/dwell;%heat transfer coefficient CO2 injection well (W/m2K)
Rci=thick/(Kci*(3.14 *(dwell^2)/4));%Resistansi konduktivitas thermal CO2
injection well (K/W) 0.005-wallthicknes
Uci=hci+(1/(Rci*3.14*dwell^2))%All Heat transfer coefficient CO2 injection
well (W/m2K)
Qci=minj*Cpci*(tinj-trev)*35%energy panas CO2 injection well (watt)
dtci=Qci/(Uci*3.14*dwell*depth*2) %Delta T CO2 injection well (C)

%RESERVOIR

tcr=tinj-dtci %temperature CO2+oil pada reservoir C

```

$p_{cr} = (p_{inj} + p_{dtot}) * 1.1$  %pressure CO<sub>2</sub>+oil pada reservoir psi

%parameter model

frac=0.5582; %fraksi liquid awal

resthick=12.192; %reservoir thickness (m) % DIGANTI

reslength=100; %reservoir length (m)% DIGANTI

Krock=0.02630; %thermal conductivity (W/mK) % DIGANTI

permeabil= 8.48734E-14; %permeability (m<sup>2</sup>)% DIGANTI

permeabilv= 8.48734E-15; %permeability vertikal (m<sup>2</sup>) % DIGANTI

poros= 0.089; %porosity batuan % DIGANTI

Lling = 116.6862; % 3316.625; %Luas Lingkaran % DIGANTI

%pressure drop

mjcr= 46.8300924806693-

$1.3210030053444 * t_{cr} + 0.0865162316754536 * p_{cr}$  %massa jenis phase liquid CO<sub>2</sub>+Oil reservoir (kg/m<sup>3</sup>)

volcr= minj/mjcr; %Volume flowrate CO<sub>2</sub>+Oil reservoir (m<sup>3</sup>/s)

vlcr=volcr/(3.14\*((resthick<sup>2</sup>)/4)); %velocity CO<sub>2</sub>+oil reservoir (m/s)

viscocr = 9.82074864020945E-06 + tcr\* -5.57764956509715E-08 + pcr\*6.21051761785609E-09; %viscositas phase liquid CO<sub>2</sub>+Oil reservoir (kg/ms)

NRecr=mjcr\*vlcr\*resthick/viscocr; %reynold number CO<sub>2</sub>+oil reservoir

pdcrcr= ((viscocr\*volcr\*reslength)/(permeabil\*3.14\*resthick\*reslength)\*0.000145038); % pressure drop CO<sub>2</sub> reservoir psi. thicknes 35.052m

%heat transfer

Cpcr=2.37305418766803+tcr\*-0.0109693863865791+0.000240054091308146\*pcr; %Heat capacity CO<sub>2</sub>+oil di reservoir (J/kgK)

Kcr=0.0174865883625187+-0.000124017589052688\*tcr+0.0000167603402817045\*pcr; % Thermal conductivity CO<sub>2</sub>+oil di reservoir (W/mK)

NPrer=Cpcr\*viscocr/Kcr; %PRandlt Number CO<sub>2</sub>+oil di reservoir 1.73-thermal conductivity batuan

NNucr=0.023\*(NRecr<sup>0.8</sup>)\*(NPrer<sup>0.3</sup>); %Nuselt Number CO<sub>2</sub>+oil di reservoir

Lpcr=(3.14\*0.25\*(resthick<sup>2</sup>)\*reslength)<sup>(1/3)</sup>; %length characteristic di reservoir

hcr=NNucr\*Krock/Lpcr ; %heat transfer coefficient di reservoir 5.678263 W/mK=Kthermal batuan

Rkvcr=1/(hcr\*(3.14\*0.25\*(resthick<sup>2</sup>))); %tahanan konveksi perpindahan panas di rservoir

Rkdcr=Lpcr/(Krock\*3.14\*0.25\*(resthick<sup>2</sup>)); %tahanan konduksi perpindahan panas di reservoir

Qcr=((tcr-48.33)/(Rkvcr+Rkdcr))\*100; %energy panas CO<sub>2</sub>+oil yg terbuang di reservoir (J)

dtcr=Qcr/((Rkvcr+Rkdcr)\*Cpcr); %Delta T CO<sub>2</sub>+oil di rservoir (C)

## %PRODUCTION WELL

tcp=tcr-dtcr %temperature CO<sub>2</sub>+oil production well (C)pcp=pcr+pdcr%pressure CO<sub>2</sub>+oil production well psi

mjcp= 52.8443199090267-1.35123899611828\*tcp+0.0844646786671024\*pcp;

%massa jenis CO<sub>2</sub> injection well (kg/m<sup>3</sup>)volcp= minj/mjcp; %Volume flowrate CO<sub>2</sub> (m<sup>3</sup>/s)

viscop= 9.93335855782682E-06+tcp\*-6.23116671510213E-

08+pcp\*6.27709117124863E-09; %viscositas CO<sub>2</sub> injection well (kg/ms)vlcp= volcp/(3.14\*((dwell<sup>2</sup>)/4)); %velocity CO<sub>2</sub> injection well (m/s)

Gammap=0.07275\*(1-0.002\*((tinj+273)-291)); % Surface Tension

LVNp=vlcp\*(mjcp/(g\*Gammap)<sup>0.25</sup>);%Liquid Velocity Number CO<sub>2</sub>NFRp=(vlcp<sup>2</sup>)/(g\*dwell); %Froude Number CO<sub>2</sub> Injection

## % Mentukan Pola Aliran

lambdap=1;

Eksp=log(lambdap);

L1p=exp(-4.62-(3.757\*Eksp)-(0.481\*Eksp<sup>2</sup>)-(0.0207\*Eksp<sup>3</sup>));L2p=exp(1.061-(4.602\*Eksp)-(1.609\*Eksp<sup>2</sup>)-(0.179\*Eksp<sup>3</sup>)+(0.635\*(10<sup>-3</sup>)\*Eksp<sup>5</sup>));

if ((NFRp&lt;L1p)) || ((NFRp&lt;L2p))

polap = 1; % 1=segregated

elseif ((NFRi&gt;L1p) &amp;&amp;(NFRi&gt;L2p))

polap = 2;% 2=distributed

else

polap=3; % 3=intermittent

end

Hlscp=(0.98\*(lambdap<sup>0.4846</sup>)/(NFRp<sup>0.0868</sup>));Hlicp=(0.84\*(lambdap<sup>0.5351</sup>)/(NFRp<sup>0.0173</sup>));Hldcp=(1.06\*(lambdap<sup>0.5824</sup>)/(NFRp<sup>0.0609</sup>));

## %Nilai C Aliran

Csp=(1-

lambdap)\*log((4.7\*LVNp<sup>0.0868</sup>)/((lambdap<sup>0.3692</sup>)\*(NFRi<sup>0.5056</sup>)));

Cip=(1-

lambdap)\*log((4.7\*LVNp<sup>0.1244</sup>)/((lambdap<sup>0.3692</sup>)\*(NFRi<sup>0.5056</sup>)));

Cdp=(1-

lambdap)\*log((4.7\*LVNp<sup>0.1244</sup>)/((lambdap<sup>0.3692</sup>)\*(NFRi<sup>0.5056</sup>)));

if polap == 1

HLP = Hlscp;

Cp = Csp;

elseif polap == 2

HLP = Hldcp;

Cp = Cdp;

else HLP = Hlicp;

Cp = Cip;

end

```
PSIp=1+Cp*(sin(1.8*90)-((1/3)*sin(90)^3));
HLPtetha = HLP * PSIp;
yp = lambdap/(HLPtetha^2);
Sp = (log(yp))/(-0.0523+3.812*log(yp)-
0.8725*(log(yp)^2)+0.01853*(log(yp)^4));
```

```
NREp = mjcp*vlcp*dwell/viscosp;
fnsp = (2*log10(NREp/(((4.5223*log10(NREp))-3.8215))))^(-2);
ftpp = exp(Sp)*fnsp;
```

### %Pressure Drop

```
pdfp = (ftpp*minj*vlcp^2)/(2*gc*dwell);
pdep = (g*mjcp)/gc;
pdtotp = (pdfp+pdep)*0.0000442075*depth*3.28084;
pco = pcp+pdtotp;
%heat transfer CO2 injection well
Kcp=0.0174865883625187+-
0.000124017589052688*tcp+0.0000167603402817045*pcp; %Konduktivitas
Thermal CO2 injection well (W/mK)
Cpcp= (12.44045889320179+tcp*-
0.0105800396299696+0.000240054091308146*pcp)*1000;%Heat capacity CO2
injection well (kJ/kgK)
NPrp=Cpcp*viscosp/Kcp;%Prandlt Number CO2 injection well
NNucp=0.023*(NREp^0.8)*(NPrp^0.3);%Nuselt Number CO2 injection well
hcp=NNucp*Kcp/dwell;%heat transfer coefficient CO2 injection well (W/m2K)
Rcp=thick/(Kcp*(3.14 *(dwell^2)/4));%Resistansi konduktivitas thermal CO2
injection well (K/W) 0.005-wallthicknes
Ucp=hcp+(1/(Rcp*3.14*dwell^2));%All Heat transfer coefficient CO2 injection
well (W/m2K)
Qcp=minj*Cpcp*(tcp-tling);%energy panas CO2 injection well (watt)
dtcp=Qcp/(Ucp*3.14*dwell*depth*2*minj) %Delta T CO2 injection well (C)
```

### %GAS RECOVERY

```
mjng=35.34614832+-0.672856976292827*tcr+0.049907089*pcr; %Massa jenis
natural gas (kg/m3)
viscong=0.000010055+-1.33802257199713E-08*tcr+3.48620620536712E-
09*pcr; %viskositas natural gas (kg/ms)
Cpng=2.921948336+-0.006217212*tcr+0.00019548*pcr;
kng=0.028944032+-0.00000363428*tcr+0.0000111577*pcr;
Lpres=3.14*resthick*reslength;
z = 0.86;
ppz=2260.668973;
pipzi=47867.359;
Bg=2.8793*z*48.33/1960;
M=(viscong/viscocr);
```

```

fg=(1/(1+M));
Sg=-0.0000005*(fg^5) + 0.00004*(fg^4) - 0.001*(fg^3) + 0.0071*(fg^2) +
0.0521*fg+ 0.2623;
G = (Lling*reslength*poros*Sg)/Bg;
Gp = G*(1-(ppz/pipzi))

```

```

mCO2inj=minj*3600*24;
VCO2inj=mCO2inj/mjci;
tinj=G/VCO2inj;
CNGR=0.6829*Gp;
CNGRpd=CNGR/tinj;
CCGR=(1-0.6829)*Gp;
CCGRpd=CCGR/tinj;
Rng=CNGRpd/28.263682*2.7;
Rcg=CCGRpd*6.289814*0.935*68.096;
Rtot=Rng+Rcg;

```

```

CO2price= 20.220; % 15.5432; %harga CO2/ton
%biaya pembelian CO2 per day % DIGANTI
bc=mCO2inj*CO2price/1000; %USD/day

```

```

listrik=0.06; %harga listrik industri di Ohio,USA per Mei 2020 % DIGANTI
%biaya operasional pompa injeksi CO2 per day
kpci= (pco-pinj)*volci;%kinerja pompa CO2 perjam 0.8efficiencypompa watt
bopc= (kpci)*3600*listrik; %USD/day 0.06 harga listrik CA,USA per Mei 2020
% DIGANTI

```

```

%biaya recycling CO2
brc= CCGRpd*20;%USD/day % DIGANTI

```

```

profit=(Rtot-bc-brc-bopc)

```

```

end

```

**LAMPIRAN K *Codingan MATLAB Properties CO<sub>2</sub>***

```
clear all
clc

Dimension = 3;          % dimensi diganti sesuai dengan jumlah variabel yang
                        % dioptimasi
UB = [0.625 1300 40];    % Upper Bounds diganti sesuai dengan constraint
                        % fungsi objektif
LB = [0.2 1071 31];      % Lower Bounds diganti sesuai dengan constraint fungsi
                        % objektif
save ('propCO2egr.mat')

clear all;
close all;
clc;
```





## LAMPIRAN L Codingan MATLAB Optimisasi Killer Whale

### Algorithm

```
%Killer Whale Optimization Algorithm

clc;
clear;

%% Problem Definition
Dimension = 3;           % dimensi diganti sesuai dengan
                           jumlah variabel yang dioptimasi
%Constraint
load ('propco2egr.mat')

CostFunction=@(x) (1/fobjco2egr(x));           % Cost
Function

nVar=Dimension;           % Number of Decision
Variables

VarSize=[1 nVar];        % Size of Decision Variables Matrix

VarMin=LB;                % Lower Bound of Variables
VarMax=UB;                % Upper Bound of Variables

%% KWA PARAMETERS

MaxIt=50;                 % Maximum Number of Iterations

nPop=200;                 % Population Size
nTeam = 20;               % Number of Leader
TeamSize = [];
for i=1:nTeam-1
    TeamSize(i) = ceil(nPop/nTeam);
end
TeamSize(nTeam) = nPop - sum(TeamSize);

% KWA Parameters
w=1;                      % Inertia Weight
wdamp=0.99;               % Inertia Weight Damping Ratio
c1=1.5;                   % Personal Learning Coefficient
c2=2;                     % Global Learning Coefficient
c3=1.0;                   % Leader Influence Coefficient

Porder=3;                 % order of Polynomial
```

```

% Velocity Limits
VelMax=0.1*(VarMax-VarMin);
VelMin=-VelMax;

%% Initialization

initial_whales.Position=[];
initial_whales.Cost=[];
initial_whales.Velocity=[];
initial_whales.Best.Position=[];
initial_whales.Best.Cost=[];

whales= repmat(initial_whales,nPop,1);
leader_whales=repmat(initial_whales,nTeam,1);
leader_whales_poly = [];
leader_whales_std = [];
temp_whales = [];
tempeval_whales = [];

GlobalBest.Cost=inf;

for i=1:nPop

    % Initialize Position
    whales(i).Position=unifrnd(VarMin,VarMax,VarSize);

    % Initialize Velocity
    whales(i).Velocity=zeros(VarSize);

    % Evaluation
    whales(i).Cost=CostFunction(whales(i).Position);
    % temp_whales(:, i) = whales(i).Position;

end
% tempeval_whales(1:nPop) = whales.Cost(1:nPop);
for i=1:nPop
%     whales(i).Cost = tempeval_whales(i);
    % Store data for polyfit
    for j=1:Dimension
        whalesPosition(i,j) = whales(i).Position(j);
    end
    whalesPosition(i,Dimension+1) = whales(i).Cost;

    % Update Personal Best
    whales(i).Best.Position=whales(i).Position;
    whales(i).Best.Cost=whales(i).Cost;

```

```

% Update Global Best
if whales(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost

    GlobalBest=whales(i).Best;

end

end

temp_whales = [];
tempeval_whales = [];
for t=1:nTeam
    for j=1:Dimension
        leader_whales_std(t,j) =
std2(whalesPosition(((t-1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),j));
        buffer = polyfit(whalesPosition(((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),j),whalesPosition(((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),Dimension+1),Porder);
        leader_whales_poly(t,:,j) = buffer;

        syms x;
        fun = matlabFunction(poly2sym(buffer));
        leader_whales(t).Position(j) =
fminsearch((fun),0);

        leader_whales(t).Position(j) =
min(leader_whales(t).Position(j), UB(j));
        leader_whales(t).Position(j) =
max(leader_whales(t).Position(j), LB(j));
    end
    temp_whales(:, t) = leader_whales(t).Position;

end

% tempeval_whales = CostFunction(temp_whales);
for t=1:nTeam
    % leader_whales(t).Cost = tempeval_whales(t);
    leader_whales(t).Cost =
CostFunction(leader_whales(t).Position);
end

BestCost=zeros(MaxIt,1);

%% KWA Main Loop

```

```

for it=1:MaxIt

    for t=1:nTeam

        temp_whales = [];
        tempeval_whales = [];

        for i=((t-1)*ceil(nPop/nTeam))+1:(t-
1)*ceil(nPop/nTeam)+TeamSize(t)
            % make into cluster
            % each cluster will have it's own leader
            % each member of cluters should chate their
own leader
            % leader get information from their member,
and draw a polynomial
            % equation to map the scanned area

            % Update Velocity
            % Leader or GlobalBest
            if GlobalBest.Cost < leader_whales(t).Cost
% min
                ct3 = 0;
                ct2 = c2;
            else
                ct3 = c3;
                ct2 = 0;
            end;

            whales(i).Velocity = w*whales(i).Velocity
            ...

            +c1*rand(VarSize).*(whales(i).Best.Position-
whales(i).Position) ...

            +ct2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position-
whales(i).Position) ...

            +ct3*rand(VarSize).*(leader_whales(t).Position);

            % Apply Velocity Limits
            whales(i).Velocity =
max(whales(i).Velocity, VelMin);
            whales(i).Velocity =
min(whales(i).Velocity, VelMax);

            % Update Position
            whales(i).Position = whales(i).Position +
whales(i).Velocity;

```

```

        % Velocity Mirror Effect
        IsOutside=(whales(i).Position<VarMin |
whales(i).Position>VarMax);
        whales(i).Velocity(IsOutside)=-
whales(i).Velocity(IsOutside);

        % Apply Position Limits
        whales(i).Position =
max(whales(i).Position,VarMin);
        whales(i).Position =
min(whales(i).Position,VarMax);

        temp_whales(:, i) = whales(i).Position;
    end

    % tempeval_whales = CostFunction(temp_whales);

    for i=((t-1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t)

        % Evaluation
        whales(i).Cost =
CostFunction(whales(i).Position);
        % whales(i).Cost = tempeval_whales(i);

        % Store data for polyfit
        for j=1:Dimension
            whalesPosition(i,j) =
whales(i).Position(j);
        end
        whalesPosition(i,Dimension+1) =
whales(i).Cost;

        % Update Personal Best
        if whales(i).Cost<whales(i).Best.Cost

whales(i).Best.Position=whales(i).Position;
            whales(i).Best.Cost=whales(i).Cost;

            % Update Global Best
            if whales(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost

                GlobalBest=whales(i).Best;

        end

```

```

        end

    end

end

polycheck = 0;
leader_whales_poly = [];
temp_whales = [];
tempeval_whales = [];
for t=1:nTeam
    for j=1:Dimension
        leader_whales_std(t,j) =
std2(whalesPosition(((t-1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),j));
        if leader_whales_std < 0.01
            polycheck = 1;
        else
            buffer = polyfit(whalesPosition(((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),j),whalesPosition(((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+1:((t-
1)*ceil(nPop/nTeam))+TeamSize(t),Dimension+1),Porder);
            leader_whales_poly(t,:,j) = buffer;

            if max(isnan(buffer)) < 1
                syms x;
                fun =
matlabFunction(poly2sym(buffer));
                leader_whales(t).Position(j) =
fminsearch((fun),0);
            end
            leader_whales(t).Position(j) =
min(leader_whales(t).Position(j), UB(j));
            leader_whales(t).Position(j) =
max(leader_whales(t).Position(j), LB(j));
        end

    end

    % temp_whales(:, t) =
    leader_whales(t).Position;
end
% tempeval_whales = CostFunction(temp_whales);
for t=1:nTeam
    % leader_whales(t).Cost = tempeval_whales(t);
    leader_whales(t).Cost =
CostFunction(leader_whales(t).Position);
end

```

```

BestCost(it)=1/GlobalBest.Cost;

disp(['Iteration ' num2str(it) ': Best Cost = '
num2str(BestCost(it)) ': Datacheck = '
num2str(polycheck)]);

w=w*wdamp;

end

BestSol = GlobalBest;

%% Results
% min_variable_design = BestSol.Position(1,:)
% min_objective_function = BestSol.Cost(1,:)

figure(gcf)
title('Grafik Nilai Maksimum KWA','color','b')
xlabel('Jumlah Iterasi')
ylabel('Nilai Fungsi Obyektif')
hold on
grid on
% plot(efitnessmax, 'DisplayName', 'efitnessmax',
'YDataSource', 'efitnessmax');

plot(BestCost,'LineWidth',2);

hold on
% semilogy(BestCost,'LineWidth',2);
% xlabel('Jumlah Iterasi');
% ylabel('Nilai Fungsi Obyektif');
% grid on;

```





### LAMPIRAN M *Codingan* MATLAB Optimisasi *Duelist Algorithm*

```

clear all
close all
clc

Hasilmax=[];
fitnessvector=[];
XDueler=[];
convergemax=[];
convergeiter=[];
DFDAfit=[];
xmax=[];
minmax='max';      % 'max' Maximum or 'min' Minimum
Population=200;    % Total number of duelists in a population
MaxGeneration=100; % Maximum Generation/Iteration
FightCapabilities=50; % Fighting Capabilities
Champion=0.1;      % Champion Percentage
ProbLearning=0.8;  % Learning Probability
ProbInnovate=0.1;  % Innovate Probability
Luckcoeff=0.01;    % Luck Coefficient
LuckA=0;           % First Duelist Luck Coefficient
LuckB=0;           % Second Duelist Luck Coefficient
Duelist=[];
Duelisttemp1=[];
Duelisttemp2=[];
Duelisttemp3=[];
DuelistInteger=[];
Datafit=[];
Data1fit=[];
DataSort=[];
ElitDuelist=[];
HMI=[];
DataFDAfit=[];
maxall=[];
Dimension=3;
UB=[0.625 1300 40]; % Upper Bounds
LB=[0.2 1071 31];  % Lower Bounds

for rc=1:Dimension
    RangeB(rc)=UB(rc)-LB(rc);
end

if (strcmp(minmax,'max'))
    mm=1;
else
    mm=-1;
end

```

```

%=====Registrasi Duelist=====
Duelist = floor(9*rand(Population,(FightCapabilities*Dimension))+rand());

%=====Array to Int=====
for i = 1:Dimension
    for j = 1:Population
        Duelisttemp1 = Duelist(j,((i*FightCapabilities-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities));
        Duelisttemp2 = num2str(Duelisttemp1);
        Duelisttemp3 = Duelisttemp2(~isspace(Duelisttemp2));
        DuelistInteger(j,i) = str2num(Duelisttemp3);
    end
end

Datafit = [];

disp('DA Processing');
for Generasi = 1:MaxGeneration

    %=====DA Processing=====

    if (Generasi > 1)
        clc
        Generasi

        %=====sortir=====
        sort_fit = sortrows(sort, (FightCapabilities*Dimension) + 1);
        Duelist1 = sort_fit(randperm(size(sort_fit,1)),:);
        Remain = sort_fit(round((1-Champion)*Population) + 1:Population, :);
        Winner = [];

        X = Duelist1;
        N = size(X,1);

        if mod(N,2) == 0
            M=N;
        else

```

```

    M=N-1;
end

for i=1:M
    fitnessvector(i) = X(i,(FightCapabilities*Dimension) + 1);
end

fitnessvector = fitnessvector';

%=====Setting Duelist=====
for i=1:M
    XDueler = X;
end

%=====Setting Duel Arena=====

for i=1:2:M-1
    LuckA = (fitnessvector(i)*(Luckcoeff + rand*2*Luckcoeff));
    LuckB = (fitnessvector(i+1)*(Luckcoeff + rand*2*Luckcoeff));
    if fitnessvector(i)+LuckA <= fitnessvector(i+1)+LuckB
        Winner(i) = 0;
        Winner(i+1) = 1;
    elseif fitnessvector(i)+LuckA > fitnessvector(i+1)+LuckB
        Winner(i) = 1;
        Winner(i+1) = 0;
    end
end

%=====Skill Transfer + Innovate=====

[M,d] = size(XDueler);
XAftermatch = XDueler;
for i=1:2:M-1
    if (Winner(i)==1)
        p = ceil(((d/2)-1)*rand*ProbLearning);
        str = ceil(p+1+(((d/2)-2-p)*rand*ProbLearning));
        XAftermatch(i,:) = [XDueler(i,1:p) XDueler(i+1,p+1:str)
XDueler(i,str+1:d)];
        for j=1:d
            p = rand;
            if (p<=ProbInnovate)
                XAftermatch(i+1,j) = abs(floor(rand()*9));
            end
        end
    end
end

```

```

else
    p = ceil(((d/2)-1)*rand*ProbLearning);
    str = ceil(p+1+(((d/2)-2-p)*rand*ProbLearning));
    XAftermatch(i+1,:) = [XDueler(i+1,1:p) XDueler(i,p+1:str)
XDueler(i+1,str+1:d)];
    XAftermatch(i,:) = XDueler(i,:);
    for j=1:d
        p = rand;
        if (p<=ProbInnovate)
            XAftermatch(i,j) = abs(floor(rand()*9));
        end
    end
end
end

Xnew = XAftermatch;

sort_fitnew = sortrows(Xnew, (FightCapabilities*Dimension) + 1);
Duelistnew = sort_fitnew(round((Champion)*Population)+1:Population,:);
Duelist =
[Duelistnew(:,1:(FightCapabilities*Dimension));Remain(:,1:(FightCapabilities*D
imension))];

end;
ElitDuelist = [ElitDuelist; Duelist];

for i = 1:Dimension
    for j = 1:Population
        Duelisttemp1 =
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities-
Duelist(j,((i*FightCapabilities-
Duelisttemp2 = num2str(Duelisttemp1);
Duelisttemp3 = Duelisttemp2(~isspace(Duelisttemp2));
DuelistInteger(j,i) = str2num(Duelisttemp3);
    end
end

Datafit = [];

for k = 1:Population

    for ii=1:Dimension
        X0(ii,k)
=
(((DuelistInteger(k,ii)+1)/(10^FightCapabilities))*RangeB(ii))+LB(ii);
    end

```

```

%               cost = -((((X0(1,k).^2)+(X0(2,k).^2)).^0.5).*cos((X0(1,k))-
(X0(2,k))))).*exp(cos(((X0(1,k)).*(X0(2,k)+5))./7));
    fitness = fobjCO2egr( X0(:,k));
    Datafit = [Datafit; mm*fitness];
end

Data1fit = Datafit;
[fitnessmax, nmax] = max(Data1fit);
DataFDAfit = [DataFDAfit;fitnessmax];
DuelistMax = Duelist(nmax,:);
DuelistMaxLast = DuelistMax;
Hasilmax = DuelistMax;
sort = [Duelist Datafit];
maxall = [maxall; sort];
for i = 1:Dimension
    HasilMaxtemp1 = Hasilmax(1,(((i*FightCapabilities)-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities));
    HasilMaxtemp2 = num2str(HasilMaxtemp1);
    HasilMaxtemp3 = HasilMaxtemp2(~isspace(HasilMaxtemp2));
    HasilMaxInt(1,i) = str2num(HasilMaxtemp3);
end
HMIIt = [];
for ij=1:Dimension
    HMIIt = [HMIIt, HasilMaxInt(1,ij)];
end
HMI = [HMI; HMIIt];
end

plot(DataFDAfit);
hold on

[fitnessmaxf, nmaxf] = max(DataFDAfit);
for ik=1:Dimension
    X0maxfix(ik) = Hasilmax(1,(((HMI(nmaxf,ik)+1)/(10^FightCapabilities))*RangeB(ik))+LB(ik));
end

X0maxfix
[fitnessmaxf, nmaxf] = max(DataFDAfit)

convergemax = [convergemax;fitnessmaxf];
convergeiter = [convergeiter;nmaxf];
xmax = [xmax;X0maxfix];
DFDAfit = [DFDAfit,DataFDAfit];

```



### LAMPIRAN N Codingan MATLAB Optimisasi Genetic Algorithm

**%Pembangkitan Populasi dan Parameter**

```
clear all;
clc;
load ('propCO2egr.mat')
Npop = 200;           %populasi
Maxit = 50;           %iterasi
el = 0.9;             %elatism
Pc = 0.8;             %probabilitas crossover
Pm = 0.01;            %probabilitas mutasi
Nbit = 20;            %jumlah bit
%Constrain
```

```
eBangkit = [];
Individu = [];
eIndividu = [];
david = [];
Dadatfit = [];
Datfit = [];
summary = [];
eDadatfit = [];
efitnessmax = [];
eIndividuMax = [];
```

```
Bangkit = round(rand(Npop,Nbit*Dimension));
popsize = size(Bangkit,1);
```

```
for i = 1:Dimension
    batas(i) = UB(i)-LB(i);
end
for i = 1:Npop
    for j = 1:Dimension
        Desimal(i,j) = bi2de(Bangkit(i,((j*Nbit)-(Nbit-1)):(j*Nbit)),'left-msb');
        Individu(i,j) = (Desimal(i,j)*batas(:,j)-batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
    end
end
```

```
Datfit = [];
variabel = [];
for i = 1:size(Individu,1)
    fitness = fobjCO2egr(Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax]=max(Datfit);
end
```

```

Dadatfit = [];
for generasi=1:Maxit
    disp('GA processing')
    clear command windows
    clear command history
    clear memory

    if generasi > 1
        sort_fit = sortrows(sort,Nbit*Dimension+1);
        Individu1 = sort_fit(round((1-el)*Npop+1):Npop,:);
        remain = sort_fit(round(el*Npop)+1:Npop,:);

        X = Individu1;
        M = size(X,1);

        sumfitness = sum(Datfit);
        for i=1:M
            Prob(i) = Datfit(i)/sumfitness;
        end
        for i=2:M
            Prob(i) = Prob(i)+Prob(i-1);
        end
        for i=1:M
            n=rand;
            k=1;
            for j=1:M-1
                if (n>Prob(j))
                    k=j+1;
                end
            end
            Xparents(i,:) = X(k,:);
        end

        %Crossover
        [M,d] = size(Xparents);
        Xcrossed = Xparents;
        for i=1:2:M-1
            c=rand;
            if (c<=Pc)
                p=ceil((d-1)*rand);
                Xcrossed(i,:) = [Xparents(i,1:p) Xparents(i+1,p+1:d)];
                Xcrossed(i+1,:) = [Xparents(i+1,1:p) Xparents(i,p+1:d)];
            end
        end
        if (M/2~=floor(M/2))
            c=rand;
            if (c<=Pc)

```



```

        p=ceil((d-1)*rand);
        str=ceil((M-1)*rand);
        Xcrossed(M,:)= [Xparents(M,1:p) Xparents(str,p+1:d)]; %the first child
is chosen
    end
end

%Mutasi
[M,d] = size(Xcrossed);
Xnew=Xcrossed;
for i=1:M
    for j=1:d
        p=rand;
        if (p<=Pm)
            Xnew(i,j)=1-Xcrossed(i,j);
        end
    end
end

disp('New fitness calculation');

Bangkit = [Xnew(:,1:Nbit*Dimension);remain(:,1:Nbit*Dimension)];
end
eBangkit = [eBangkit; Bangkit];

for i = 1:Npop
    for j = 1:Dimension;
        Desimal(i,j) = bi2de(Bangkit(i,((j*Nbit)-(Nbit-1)):(j*Nbit)),'left-msb');
        Individu(i,j) = (Desimal(i,j)*batas(:,j)-batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-
1))/(2^Nbit-1);
    end
end

Datfit = [];
for i = 1:Npop
    fitness = fobjCO2egr(Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax] = max(Datfit);
end

Dadatfit = Datfit;
eDadatfit = [eDadatfit;Dadatfit];
eIndividu = [eIndividu;Individu];
[fitnessmax,nmax] = max(eDadatfit);
efitnessmax = [efitnessmax;fitnessmax];
BangkitMax = eBangkit(nmax,:);
IndividuMax = eIndividu(nmax,:);

```

```

eIndividuMax = [eIndividuMax;IndividuMax];
BangkitMaxlast = BangkitMax;
schedmax = BangkitMax;
sort = [Bangkit Dadatfit];
summary = [summary; sort];
david = [david; Dadatfit];
clc
max_variable_design=IndividuMax(1,:)
max_objective_function=fitness(1,:)

disp(num2str(IndividuMax,'% .4f'))
disp(num2str(fitness,'% .2f'))

figure(gcf)
xlabel('Iteration Number')
ylabel('Objective Function')
hold on
grid on
plot(efitnessmax, 'DisplayName', 'efitnessmax', 'YDataSource', 'efitnessmax');
semilogy(efitnessmax,'LineWidth',2);
hold on
end
save ('GAalone.mat')

```

## LAMPIRAN O Codingan MATLAB Optimisasi Particle Swarm Optimization

```

clc;
clear all;

%% Problem Definition
CostFunction=@(x) (1/fobjCO2egr(x));    % Cost Function

nVar=3;    % Number of Decision Variables

VarSize=[1 nVar]; % Size of Decision Variables Matrix

VarMin=[0.23 1071 31]; % Lower Bound of Variables
VarMax=[0.625 1300 40]; % Upper Bound of Variables

%% PSO Parameters

MaxIt=50;    % Maximum Number of Iterations

nPop=200;    % Population Size (Swarm Size)

% PSO Parameters
w=1;    % Inertia Weight
wdamp=0.99; % Inertia Weight Damping Ratio
c1=1.5;    % Personal Learning Coefficient
c2=2;    % Global Learning Coefficient

% If you would like to use Constriction Coefficients for PSO,
% uncomment the following block and comment the above set of parameters.

% % Constriction Coefficients
% phi1=2.05;
% phi2=2.05;
% phi=phi1+phi2;
% chi=2/(phi-2+sqrt(phi^2-4*phi));
% w=chi;    % Inertia Weight
% wdamp=1;    % Inertia Weight Damping Ratio
% c1=chi*phi1; % Personal Learning Coefficient
% c2=chi*phi2; % Global Learning Coefficient

% Velocity Limits
VelMax=0.1*(VarMax-VarMin);
VelMin=-VelMax;

%% Initialization

```

```

empty_particle.Position=[];
empty_particle.Cost=[];
empty_particle.Velocity=[];
empty_particle.Best.Position=[];
empty_particle.Best.Cost=[];

particle= repmat(empty_particle,nPop,1);

GlobalBest.Cost=inf;

for i=1:nPop

    % Initialize Position
    particle(i).Position=unifrnd(VarMin,VarMax,VarSize);

    % Initialize Velocity
    particle(i).Velocity=zeros(VarSize);

    % Evaluation
    particle(i).Cost=CostFunction(particle(i).Position);

    % Update Personal Best
    particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;

    % Update Global Best
    if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost

        GlobalBest=particle(i).Best;

    end

end

BestCost=zeros(MaxIt,1);

%% PSO Main Loop

for it=1:MaxIt

    for i=1:nPop

        % Update Velocity
        particle(i).Velocity = w*particle(i).Velocity ...
            +c1*rand(VarSize).*(particle(i).Best.Position-particle(i).Position) ...
            +c2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position-particle(i).Position);

```

```

% Apply Velocity Limits
particle(i).Velocity = max(particle(i).Velocity, VelMin);
particle(i).Velocity = min(particle(i).Velocity, VelMax);

% Update Position
particle(i).Position = particle(i).Position + particle(i).Velocity;

% Velocity Mirror Effect
IsOutside=(particle(i).Position<VarMin | particle(i).Position>VarMax);
particle(i).Velocity(IsOutside)=-particle(i).Velocity(IsOutside);

% Apply Position Limits
particle(i).Position = max(particle(i).Position, VarMin);
particle(i).Position = min(particle(i).Position, VarMax);

% Evaluation
particle(i).Cost = CostFunction(particle(i).Position);

% Update Personal Best
if particle(i).Cost<particle(i).Best.Cost

    particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;

% Update Global Best
if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost

    GlobalBest=particle(i).Best;

end

end

end

BestCost(it)=1/GlobalBest.Cost;

disp(['Iteration ' num2str(it) ': Best Cost = ' num2str(BestCost(it))]);

w=w*wdamp;

end

BestSol = GlobalBest

%% Results

```

```
figure(gcf)
title('Grafik Nilai Maksimum PSO','color','b')
xlabel('Jumlah Iterasi')
ylabel('Nilai Fungsi Obyektif')
hold on
grid on

plot(BestCost,'LineWidth',2);

hold on
% plot(BestCost,'LineWidth',2);
% semilogy(BestCost,'LineWidth',2);
% xlabel('Jumlah iterasi');
% ylabel('Nilai fungsi obyektif');
% grid on;
% save ('PSOalone.mat')
```

### LAMPIRAN P Codingan MATLAB Optimisasi Rain Water Algorithm

```

clear all; close all; clc;
dim = 3;
N = 200; %jumlah air
alfa=360;
G=9.8; %gravitasi
t = 1; %time constant

upbound = [0.625 1300 40];
lowbound = [0.2 1071 30];
iter = 200;

Rpower=1;
min_flag=1;
minmax =-1;
Rnorm=2;
convergence_curve=zeros(1,iter);

% Initialize population, position:
if size(upbound,2)==1
    X=rand(N,dim).*(upbound-lowbound)+lowbound;
end
if size(upbound,2)>1
    for i=1:dim
        high=upbound(i);
        low=lowbound(i);
        X(:,i)=rand(N,1).*(high-low)+low;
    end
end
Bestpos=zeros(1,dim);
Meanpos=zeros(1,dim);
FBest=zeros(1,dim);
LBest=zeros(1,dim);
Eo=zeros(N,dim);
V=zeros(N,dim);
M = zeros(N);
P = 0;
%% Main Program
while P<iter
    for iteration = 1:iter
        %% inialisasi Search Agent dan Objective Function
        [N,dim]=size(X);
        for i=1:N
            %% Agent that go out of the search space, are reinitialized randomly .
            Tp=X(i,:)>upbound;
            Tm=X(i,:)<lowbound;

```

```
X(i,:)=(X(i,:).*(~(Tp+Tm)))+(rand(1,dim).*(upbound-
upbound)+lowbound).*(Tp+Tm));
```

```
end
```

```
for i=1:N
```

```
    %L is the location of agent number 'i'
```

```
    L=X(i,:);
```

```
    %calculation of objective function for agent number 'i'
```

```
    fobj=@(X)(fobjCO2egr(X));
```

```
    fitness(i)=fobj(X(i,:));
```

```
end
```

```
if minmax==1
```

```
[best best_X]=min(fitness); %minimization.
```

```
else
```

```
[best best_X]=max(fitness); %maximization.
```

```
end
```

```
if iteration==1
```

```
    Fbest=best;
```

```
    Lbest=X(best_X,:);
```

```
end
```

```
if minmax==1
```

```
if best<Fbest %minimization.
```

```
    Fbest=best;Lbest=X(best_X,:);
```

```
end
```

```
else
```

```
if best>Fbest %maximization
```

```
    Fbest=best;Lbest=X(best_X,:);
```

```
end
```

```
end
```

```
Bestpos=[Bestpos Fbest];
```

```
Meanpos=[Meanpos mean(fitness)];
```

```
%% Hujan jatuh = energi potensial =  $E_p = 1/2 mv^2$ 
```

```
% velocity calculation
```

```
Fmax=max(fitness); Fmin=min(fitness); Fmean=mean(fitness);
```

```
[i N]=size(fitness);
```

```
if Fmax==Fmin
```

```
    vo=ones(N,1);
```

```
else
```

```
if minmax==1 %for maximization
```



```

    best=Fmin;worst=Fmax;
else %for minimation
    best=Fmax;worst=Fmin;
end

vo=(fitness-worst)./(best-worst);

end
M= rand(N);
vo=(vo./sum(vo))*M.*t;
% velocity calculation berfungsi untuk menentukan butiran hujan yang jatuh
% terlebih dahulu berdasarkan fitness dari setiap agents.
%%

% [N,dim]=size(X);
final_per=1.5; %In the last iteration, only 1.5 percent of agents

kbest=final_per+(1-iteration/iter)*(100-final_per);
kbest=round(N*kbest/100);

[Ms ds]=sort(vo,'descend');

for i=1:N

    for ii=1:kbest
        j=ds(ii);
        if j~=i
            R=norm(X(i,:)-X(j,:),Rnorm); %Euclidian distanse.
            for k=1:dim
                Eo(i,k)=Eo(i,k)+rand*(vo(j))*((X(j,k)-X(i,k))/(R^Rpower+eps));
            end
        end
    end
end

%%acceleration
E = Eo*exp(-alfa*iteration/iter);
a=E.*G;

%movement.
% [N,dim]=size(X);
V=rand(N,dim).*V+a;
X=X+V;
P = P + 1;
convergence_curve(P) = Fbest;
jx=plot((1:iter),convergence_curve,'LineWidth',2);grid on;

```

```
title(['Rainfall Algorithm Best Value : ' num2str(Fbest)]);  
xlabel('Iteration');  
ylabel('Function Value');  
end  
end
```

### BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Mirza Ichwanul Aziz yang akrab disapa Mirza. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Terlahir di kota Jember pada tanggal 17 Mei 1998 dari ayah bernama Mochammad Ikhlas dan ibu bernama Halimatus Sakdijah. Penulis menempuh Pendidikan di SDIT Fajar Hidayah dan lulus pada tahun 2010. Setelah itu penulis menempuh Pendidikan di SMP Al-Azhar 19 Cibubur lulus pada tahun 2013,. dan SMA Labschool Jakarta lulus pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Fisika ITS. Selama aktif menjadi mahasiswa penulis bergabung dalam organisasi ekstra kampus *Society of Petroleum Engineer ITS Student Chapter* periode 2018/2019 sebagai *Head of Journalism Division*, AIESEC Surabaya sebagai *Manager of Digital & Strategic Public Relation* periode 2017/2018 . Penulis terus mengembangkan minat dalam bidang keprofesian dan pada tahun 2017 penulis bergabung dengan Laboratorium Rekayasa Instrumentasi, Teknik Fisika ITS periode 2018/2019. Penulis mempunyai pengalaman magang dan kerja praktik di PT SP MPS pada Januari 2019 serta PT. Pertamina Hulu Energi Offshore Northwest Java selama 2 bulan dari Juli – Agustus 2019 mempelajari mengenai instrumentasi, kontrol dan proses di industri *oil and gas*, serta PT. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email : [mirz1723@gmail.com](mailto:mirz1723@gmail.com).

